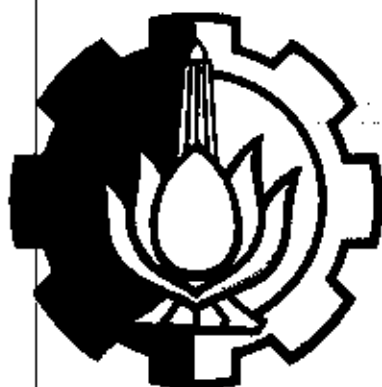


0965/05/11/93

TUGAS AKHIR

BIODEGRADASI MINYAK PADA AIR BUANGAN KILANG MINYAK DENGAN LUMPUR AKTIF



01 NOV 1993
H.
1432 /TA

PSS
628.169 33
And
b-1
1993

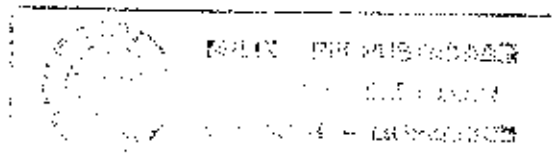
OLEH :

ANNA NIKEN ANDRIANI

NRP. 387 330 0125

PROGRAM STUDI TEKNIK PENYEHATAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

1993



TUGAS AKHIR

BIODEGRADASI MINYAK PADA AIR BUANGAN KILANG MINYAK DENGAN LUMPUR AKTIF

MENGETAHUI / MENYETUJUI

DOSEN PEMBIMBING



Ir. MOHAMMAD RAZIF

NIP. 130 936 830

CO. DOSEN PEMBIMBING



Ir. AGUS SLAMET

NIP. 131 651 592



**PROGRAM STUDI TEKNIK PENYEHATAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
1993**

ABSTRAK

Di Indonesia pengolahan yang umum digunakan dalam mengolah air buangan khususnya buangan kilang minyak baru pada tahap pengolahan secara fisik. Cara pengolahan ini tentu saja kurang efektif, sehingga perlu dilakukan pengolahan lanjutan baik secara biologis ataupun kimiawi.

Reaktor biologis merupakan alternatif pengolahan yang dapat digunakan, karena didalam crude oil (minyak mentah) sendiri terdapat sejumlah mikroorganisme, yang dapat digunakan sebagai pengurai dalam lumpur aktif.

Dalam penelitian ini dicari waktu efektif yang diperlukan mikroorganisme untuk melakukan biodegradasi minyak, pengaruh pengurangan COD dan minyak, kemampuan biodegradasi minyak dan identifikasi mikroorganisme lumpur aktif.

Dari hasil penelitian diperoleh bahwa konsentrasi yang menghasilkan efisiensi removal maksimum, yaitu konsentrasi minyak 30 mg/l, dengan perbandingan nutrien BOD : N : P yaitu 100 : 5 : 1 dan rasio resirkulasi sludge (Q_r/Q_i) 0,5 , serta waktu biodegradasi 12-15 jam.

Selain itu pada batch proses diperoleh efisiensi removal maksimum untuk minyak sebesar 62,99%, COD dan BOD sebesar 79,04 % dan 85,07 %, sedangkan dari continous proses sebesar 62,99%, 70,12 % dan 80,60 %. Kemampuan biodegradasi minyak menurun dengan menurunnya substrat. Identifikasi mikroorganisme menunjukkan adanya mikroorganisme Gram Negatif.

KATA PENGANTAR

Rasa syukur yang dalam penulis ucapkan karena berkat tuntunan dan lindungan-Nya, maka Tugas Akhir yang berjudul "Biodegradasi Minyak Pada Air Buangan Kilang Minyak dengan Lumpur Aktif" dapat diselesaikan dengan baik pada waktunya.

Tugas Akhir ini dilaksanakan dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan program strata 1 pada Program Studi Teknik Penyehatan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis juga ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada semua pihak yang membantu dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini, terutama kepada :

1. Bapak Ir. M. Razif, selaku Dosen Pembimbing, yang telah memberikan bimbingan dan bantuan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Agus Slamet, selaku co-supervisor, yang telah memberikan bimbingan dan bantuan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ir. Hariwiko I, M.Eng., selaku Dosen Wali, yang telah memberikan bimbingan selama menempuh pendidikan pada Program Studi Teknik Penyehatan FTSP-ITS.

4. Bapak DR. Ir. Wahyono Hadi MSc., selaku Ketua Program Studi Teknik Penyehatan FTSP-ITS.
5. Bapak Ir. Sarwoko M. MSc.ES., selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Penyehatan FTSP-ITS.
6. Bapak Drs. Chaeruddin, selaku Kepala PPT Migas Cepu.
7. Bapak Ir. J.B. Widiadi MEng.Sc., selaku Ketua Laboratorium Teknik Penyehatan FTSP-ITS.
8. Bapak Drs. Soewarno, selaku kepala Laboratorium Lindungan Lingkungan PPT Migas Cepu, yang banyak memberikan bantuan.
9. Bapak dan Ibu Dosen pada Program Studi Teknik Penyehatan FTSP-ITS, yang telah memberikan bantuan dan bimbingan dalam perkuliahan.
8. Pegawai Laboratorium PPT Migas Cepu, yang telah banyak membantu.
8. Rekan-rekan Mahasiswa Teknik Penyehatan, khususnya Angkatan '87, yang telah membantu dan menyumbangkan pikiran.
9. Orang tua, kakak, saudara-saudara serta mas Kukuh yang telah memberikan dukungan baik moril maupun materiil.

Penulis menyadari Tugas Akhir ini masih belum sempurna, namun demikian semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat, khususnya bagi penulis sendiri.

Surabaya, September 1993

Penulis

DAFTAR ISI

Hal.

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xiii

BAB I PENDAHULUAN

I.1	Latar Belakang	I-1
I.2	Ide Studi	I-2
I.3	Tujuan Penelitian	I-3
I.4	Ruang Lingkup	I-4
I.5	Manfaat	I-6

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

II.1	Umum	II-1
II.2	Proses	II-2
II.3	Mikroorganisme	II-6

II.3.1	Mikroorganisme Pemecah Hidro- carbon	II-6
II.3.2	Kebutuhan Oksigen	II-11
II.3.3	Kebutuhan Nutrien	II-12
II.4	Tipe Reaktor	II-14
II.4.1	Complete Mixed	II-14
II.4.2	Plug Flow	II-17
II.5	Modifikasi	II-19
II.5.1	Konvensional	II-19
II.5.2	Extended Aeration	II-23
II.5.3	Contact Stabilization	II-25
II.6	Sistem Resirkulasi Sludge	II-28
II.6.1	Mean Cell Residence Time	II-28
II.6.3	Resirkulasi	II-30
II.7	Air Buangan Kilang Minyak	II-32
II.7.1	Minyak Bumi	II-32
II.7.2	Proses Kilang Minyak	II-35
II.7.3	Air Buangan Kilang Minyak	II-39
II.7.4	Pengolahan Air Buangan Kilang Minyak	II-40
II.8	Pewarnaan Gram	II-43

BAB III METODOLOGI

III.1	Umum	III-1
III.2	Kerangka Penelitian	III-1
III.3	Metode Penelitian	III-2
III.3.1	Sampel Air Buangan	III-2
III.3.2	Model Unit Pengolahan Air Buangan	III-3
III.3.3	Kondisi Pengoperasian	III-4
III.3.4	Prosedur Pengoperasian	III-5
III.3.5	Pengukuran Konsentrasi Parameter	III-9
III.3.6	Metode Sampling	III-11
III.4	Analytical Quality Control	III-11

BAB IV DATA HASIL PENELITIAN DAN PERHITUNGAN REMOVAL

IV.1	Data Hasil Penelitian	IV-1
IV.2	Hasil Perhitungan Removal	IV-6
IV.3	Data Hasil pewarnaan Gram	IV-10

BAB V ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

V.1	Hubungan Lama Waktu Aerasi Terhadap Konsentrasi Minyak, COD dan BOD	V-1
-----	--	-----

V.2	Hubungan Konsentrasi Minyak dan Penambahan Nutrien Terhadap Efisiensi Removal	....V-6
V.3	Hubungan Efisiensi Removal pada Konsentrasi Minyak Konstan dan Konsentrasi BOD Konstan	.....V-13
V.4	Efisiensi Removal Pada Kondisi Steril	.....V-17
V.5	Hubungan Resirkulasi Sludge Terhadap Efisiensi Removal	.....V-20
V.6	Hasil Pewarnaan Gram	.....V-25
V.7	Rasio BOD/COD	.....V-27

VI. KESIMPULAN

VI.1	Kesimpulan	.....VI-1
VI.2	Saran	.....VI-4

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

FOTO-FOTO

DAFTAR TABEL

Hal.

Tabel 3.1	Sistem pengoperasian pada batch proses	...III-6
Tabel 3.2	Sistem pengoperasian pada continuous proses	.....III-8
Tabel 4.1	Hasil analisa batch proses dengan Variasi Nutrien dan Konsentrasi	.....IV-3
Tabel 4.2	Hasil analisa batch proses pada konsentrasi minyak dan COD konstan	.....IV-4
Tabel 4.3	Hasil analisa batch proses pada kondisi steril	.....IV-5
Tabel 4.4	Hasil analisa continuous proses	.....IV-5
Tabel 4.5	Perhitungan % Removal minyak, COD dan BOD, pada batch proses	.....IV-7
Tabel 4.6	Perhitungan % Removal minyak dan COD pada konsentrasi konstan, pada batch proses	.....IV-8
Tabel 4.7	Perhitungan Removal minyak, COD dan BOD pada kondisi steril, pada batch proses	....IV-9
Tabel 4.8	Removal minyak, COD dan BOD, pada continuous proses	.....IV-9

Gambar 5.9	Hubungan removal minyak, COD dan BOD dengan resirkulasi sludge, pada continous proses	V-24
Gambar L.1	Distribusi Frekuensi AQC COD	L-14
Gambar L.2	Control Chart AQC COD	L-14
Gambar L.3	Distribusi Frekuensi AQC BOD	L-17
Gambar L.4	Control Chart AQC BOD	L-17
Gambar L.5	Grafik perhitungan rate biodegradasi minyak pada K-3 N-2 dengan kondisi non steril	L-23
Gambar L.6	Grafik perhitungan rate biodegradasi minyak pada K-1 N-1 dengan kondisi non steril	L-24
Gambar L.7	Grafik perhitungan rate biodegradasi minyak pada K-1 N-1 dengan kondisi steril	L-25

Tabel 4.9	Hasil analisa pewarnaan gram	.....IV-11
Tabel L-1	Hasil AGC COD	.....L-13
Tabel L-2	Distribusi frekuensi AGC COD	.....L-13
Tabel L-3	Hasil AGC BOD	.....L-16
Tabel L-4	Distribusi frekuensi AGC BOD	.....L-16
Tabel L-5	Rasio BOD/COD	.....L-18
Tabel L-6	Frekuensi rasio BOD/COD	.....L-19
Tabel L-7	Perhitungan rate biodegradasi minyak	.....L-22

DAFTAR GAMBAR

Hal.

Gambar 2.1	Skema activated sludge	II-2
Gambar 2.2	Kurva Pertumbuhan Mikroorganisme	II-7
Gambar 2.3	Skema reaktor complete mixed	II-14
Gambar 2.4	Skema proses activated sludge complete mixed	II-15
Gambar 2.5	Skema reaktor plug flow	II-17
Gambar 2.6	Skema conventional activated sludge	II-19
Gambar 2.7	Skema proses tapered aeration	II-21
Gambar 2.8	Skema proses step aerasi	II-22
Gambar 2.9	Skema proses extended aeration	II-24
Gambar 2.10	Skema proses contact stabilization	II-26
Gambar 2.11	Skema flow diagram pengolahan air buangan pada industri pengilangan minyak	II-42
Gambar 3.1	Kerangka penelitian	III-1
Gambar 3.2	Skema model reaktor unit lumpur aktif ...	III-4
Gambar 5.1	Hubungan konsentrasi minyak dengan waktu aerasi, pada batch proses dengan variasi nutrisi	V-3

Gambar 5.2	Hubungan konsentrasi COD dengan waktu aerasi, pada batch proses dengan variasi nutrisi	V-4
Gambar 5.3	Hubungan konsentrasi BOD dengan waktu aerasi, pada batch proses dengan variasi nutrisi	V-5
Gambar 5.4	Hubungan removal minyak, COD dan BOD dengan konsentrasi minyak, COD dan BOD, pada batch proses	V-9
Gambar 5.5	Hubungan removal minyak, COD dan BOD, dengan penambahan nutrisi pada batch proses	V-12
Gambar 5.6	Hubungan removal minyak dan COD dengan konsentrasi COD, pada batch proses dengan konsentrasi minyak konstan	V-14
Gambar 5.7	Hubungan removal minyak dan COD dengan konsentrasi minyak, pada batch proses dengan konsentrasi COD konstan	V-16
Gambar 5.8	Hubungan removal minyak, COD dan BOD dengan waktu aerasi, pada batch proses dengan kondisi steril	V-19

DAFTAR LAMPIRAN

Hal.

L.1	Pembenihan Mikroorganisme	L-1
L.2	Analisa Konsentrasi Minyak	L-2
L.3	Analisa Chemical Oxygen Demand	L-4
L.4	Analisa Biological Oxygen Demand	L-6
L.5	Pewarnaan Gram	L-9
L.6	Analytical Quality Control COD	L-12
L.7	Analytical Quality Control BOD	L-15
L.8	Rasio BOD/COD	L-18
L.9	Rate Biodegradasi Minyak	L-20
L.10	Contoh perhitungan kandungan minyak	L-26

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 LATAR BELAKANG

Sejalan dengan pembangunan nasional yang bertujuan meningkatkan taraf hidup masyarakat, maka perlu digali sumber daya yang dimiliki oleh bangsa Indonesia. Salah satu sumber daya yang masih potensial untuk digunakan sebagai modal pembangunan dewasa ini adalah minyak bumi.

Pembangunan di sektor industri selain mempunyai dampak positif sebagai peningkat laju pertumbuhan ekonomi, juga dapat menimbulkan dampak negatif terhadap kualitas lingkungan. Salah satu permasalahan lingkungan yang saat ini sangat mendesak untuk ditangani adalah masalah air buangan. Air buangan mempunyai potensi yang sangat besar dalam menimbulkan pencemaran terutama terhadap sumber-sumber air baku, seperti juga pencemaran yang ditimbulkan oleh air buangan yang berasal dari kilang minyak.

Pada dasarnya pengolahan air buangan harus mampu mereduksi bahan-bahan pencemar hingga mencapai ambang batas

Hal ini menandakan bahwa di dalam crude oil juga terkandung unsur-unsur pendukung pertumbuhan mikroorganisme. Sebagian besar sumber Carbon yang sangat dibutuhkan untuk pertumbuhan mikroorganisme dapat diperoleh dari senyawa Hidrocarbon yang banyak terdapat pada crude oil. Sedangkan crude oil umumnya terdiri dari berbagai macam minyak (bensin, minyak tanah, minyak solar dan sebagainya), dimana minyak itu merupakan senyawa Hidrocarbon. Hal inilah yang memungkinkan untuk melakukan pengolahan air buangan kilang minyak secara biologis dengan memanfaatkan keberadaan mikroorganisme. Dan sebagai salah satu alternatif pilihan dapat digunakan pengolahan dengan prinsip-prinsip 'Lumpur Aktif'.

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Penelitian untuk Tugas Akhir ini mempunyai beberapa tujuan, yaitu :

1. Mendapatkan waktu biodegradasi minyak dalam air buangan kilang minyak yang diolah secara biologis dengan menggunakan prinsip pengolahan lumpur aktif.
2. Meneliti pengaruh penurunan substrat (COD) terhadap biodegradasi minyak dalam air buangan kilang minyak oleh mikroorganisme dengan menggunakan prinsip pengolahan lumpur aktif.

3. Meneliti kemampuan pengurangan substrat (COD dan BOD) dalam air buangan kilang minyak oleh mikroorganisme pada reaktor lumpur aktif.
4. Meneliti kemampuan pengurangan minyak (pengurangan kandungan minyak) oleh mikroorganisme pada reaktor lumpur aktif.
5. Uji biodegradasi kandungan minyak oleh mikroorganisme pada lumpur aktif yang digunakan dalam mengolah air buangan kilang minyak.
7. Melakukan identifikasi bakteri yang terdapat pada reaktor lumpur aktif yang digunakan dalam mengolah air buangan kilang minyak.

1.4. RUANG LINGKUP

Ruang lingkup penelitian ini dibatasi sebagai berikut,

1. Sampel air buangan yang digunakan adalah air buangan dari instalasi pengolahan di kilang minyak Cepu. Air buangan ini telah mengalami pengolahan secara fisik dengan reaktor oil catcher, dengan kandungan minyak antara 10 mg/l sampai dengan 30 mg/l.
2. Pada penelitian ini tidak dilakukan variasi terhadap temperatur dan pH, nilainya disesuaikan dengan kondisi

lapangan.

3. Proses penelitian air buangan secara batch proses hanya dilakukan dengan variasi terhadap,
 - Konsentrasi kandungan minyak influen (10 mg/l, 20 mg/l, 30 mg/l).
 - Penambahan nutrisi (tanpa penambahan nutrisi, nutrisi 100 : 5 : 1, nutrisi 100 : 10 : 1).
4. Proses penelitian air buangan secara Continuous Proses dilakukan dengan variasi terhadap,
 - Konsentrasi kandungan minyak influen (10 mg/l, 20 mg/l, 30 mg/l).
 - Resirkulasi sludge (Q_r/Q_i 0,3, 0,5, 1,0).
5. Parameter-parameter yang dianalisa dari hasil penelitian ini meliputi,
 - Chemical oxygen demand (mg COD/l).
 - Biological oxygen demand (mg BOD/l).
 - Kandungan minyak (mg oil/l).
6. Identifikasi bakteri yang dilakukan pada reaktor Continuous Proses hanya terbatas pada jenis bakteri sesuai dengan metode pewarnaan Gram.

1.5 MANFAAT

Beberapa manfaat yang diharapkan dengan dilakukannya penelitian ini, adalah sebagai berikut :

1. Sebagai alternatif pengolahan air buangan kilang minyak secara biologis dengan menggunakan lumpur aktif, untuk melengkapi pengolahan secara fisik yang sudah ada.

2. Memberikan alternatif pengurangan kandungan minyak dari air buangan kilang minyak yang tidak dapat diolah dengan pengolahan secara fisik.

3. Mengetahui perkiraan jenis bakteri dari identifikasi untuk pengembangan penelitian jenis bakteri lebih lanjut.
4. Memberikan data-data untuk penelitian lanjutan mengenai proses pengolahan air buangan tersebut dengan menggunakan lumpur aktif.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 UMUM

Proses Activated Sludge (lumpur aktif) adalah metode yang paling umum digunakan untuk mengolah buangan organik. Activated sludge dikembangkan di Inggris tahun 1914 oleh Arden dan Lockett. Dinamakan demikian karena memproduksi organisme yang diaktifkan yang dapat menyetabilkan buangan secara aerobik dengan jalan mereduksi bahan organik yang ada dalam air buangan.

Proses lumpur aktif pada dasarnya adalah mencampur air buangan dengan kultur biologis pada suatu periode waktu tertentu dalam tangki aerasi, yang kemudian biomasnya dipisahkan melalui bak pengendap. Teknik pengendapan sering tidak dipentingkan tetapi hal ini merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari proses activated sludge (lumpur aktif).

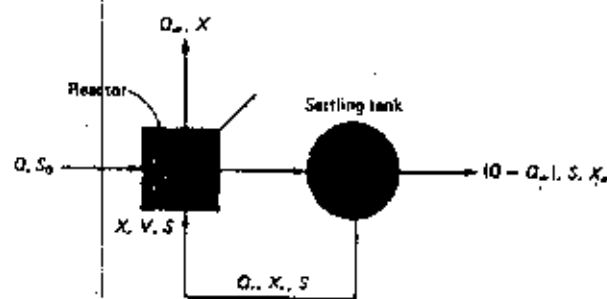
Effluen yang mengandung minyak merupakan hasil dari industri pengolahan minyak. Minyak yang berupa emulsi dapat dipisahkan secara fisik yaitu dengan prinsip gravitasi, namun

minyak yang tersuspensi hanya dapat dihilangkan dengan cara biologis atau kimiawi.

Air buangan yang mengandung hidrokarbon tersuspensi sesuai untuk tempat tumbuh mikroorganisme tertentu. Karena itulah air buangan kilang minyak yang mengandung minyak dapat diolah oleh mikroorganisme pemecah hidrokarbon yang terdapat dalam activated sludge (lumpur aktif).

II.2 PROSES

Activated sludge adalah proses pengolahan biologis secara aerobik, seperti pada Gambar 2.1. Buangan organik masuk ke dalam reaktor dimana terdapat mikroorganisme yang berasal dari pertumbuhan sel mikroorganisme baru dan resirkulasi dalam bentuk suspensi uniform.



Gambar 2.1 Skema Activated Sludge
(sumber : Metcalf & Eddy, Waste Water
Engineering Treatment Disposal Reuse)

Dalam reaktor, bahan padat biologis aktif atau 'solid biological aktif' (active biological solid) menyerap bahan organik, baik yang terlarut maupun yang tidak terlarut, dan mengoksidasi secara biologis bahan ini menjadi produk akhir dan sintesa sel baru. Di samping itu menurut proses oksidasi secara biologis, juga terjadi degradasi endogeneus.

Lingkungan aerobik dalam reaktor dicapai dengan menggunakan sistem difusi udara atau aerator mekanis yang juga akan mempertahankan mixed liquor dalam sistem complete mixed.

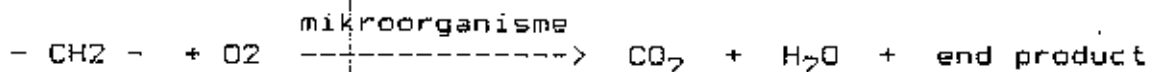
Sesudah waktu tertentu, campuran sel baru dan sel lama dari mikroorganisme masuk ke dalam bak pengendap dimana sel mikroorganisme dipisahkan dari air buangan yang diolah. Bagian dari sel yang diendapkan diresirkulasi untuk mendapatkan konsentrasi mikroorganisme yang diinginkan dalam reaktor dan sebagian lagi dibuang.

Karakteristik pengendapan biological solid dalam mixed liquor akan berbeda untuk setiap instalasi tergantung pada karakteristik air buangan dan variabel proses desain dan operasi.

Activated sludge (lumpur aktif) mempunyai sifat mengadsorpsi dan menyerap tidak hanya bahan terlarut tetapi juga bahan tidak terlarut.

Dalam pengolahan air buangan minyak secara biologis terjadi proses, sejumlah tertentu (relatif kecil) minyak mentah organik terlepas ke atmosfer (keluar reaktor), sebagian dioksidasi menjadi CO_2 dan produk akhir lainnya, dan sebagian lagi dikonversi menjadi bahan sel mikrobial dengan mengadsorpsi organik minyak dan menyerapnya. Proses ini berlangsung dalam waktu sekitar 18 jam atau kurang.

Reaksi kimia yang terjadi dalam biodegradasi minyak oleh mikroorganisme secara umum adalah sebagai berikut :



Keberhasilan proses activated sludge dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu faktor fisik, kimia dan biologis.

- Faktor Fisik.

Temperatur dalam sel mikroorganisme kurang lebih sama dengan temperatur lingkungan, dimana peningkatan temperatur akan meningkatkan aktivitas mikroorganisme dan di atas temperatur optimalnya mikroorganisme akan mengalami kematian. Tekanan osmosis tergantung pada konsentrasi garam pada lingkungannya, mikroorganisme mempunyai range tekanan osmosis tertentu. Dissolved Oxygen harus ada untuk mikroorganisme aerobik dan fakultatif, dimana

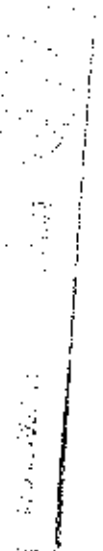
mikroorganisme menggunakan respirasi aerobik biasanya pada konsentrasi 2 mg/l (Great Lakes-Upper Mississippi Board of State Sanitary Engineers 1978).

- Faktor Kimia.

pH yang terbaik untuk mikroorganisme adalah pH netral 6,5 sampai 9. Sedangkan asam dan basa pada konsentrasi tertentu bersifat toxic. Pengaruh dari semua bahan kimia dan komponen terutama adalah fungsi dari konsentrasi, temperatur dan waktu kontak. Pada waktu kontak dan temperatur yang konstan, efek konsentrasi pada aktivitas mikrobial adalah sebagai berikut : Pada konsentrasi yang relatif rendah tidak akan berpengaruh, dimana bila konsentrasi meningkat maka komponen atau agent kimia akan menjadi stimulator pada pertumbuhan mikroorganisme. Dan kenaikan yang lebih tinggi akan menyebabkan penghambatan, sedangkan kenaikan konsentrasi dari range ini akan menghasilkan kematian pada mikroorganisme.

- Faktor Biologis.

Faktor biologis yang mempengaruhi adalah sifat mikroorganisme itu sendiri, antara lain kemampuan sintesa, aktivitas, adaptasi dan ketahanan mikroorganisme terhadap lingkungan hidupnya.



11.3 MIKROORGANISME

11.3.1 Mikroorganisme Pemecah Hidrokarbon.

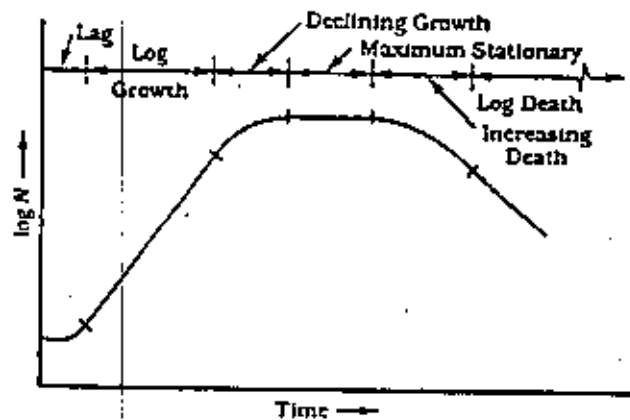
Hampir semua mikroorganisme bersel satu yang digunakan dalam pengolahan air buangan adalah mikroorganisme tanah.

Berjenis-jenis mikroorganisme digunakan dalam proses dan banyak diantaranya yang hidup alami dalam air buangan aslinya. Mikroorganisme yang mungkin terdapat antara lain adalah sebagai berikut : bermacam-macam *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Clostridia*, *Mycobacter*, *Nocardia* seperti *Nocardia salmonicida* dan *Nocardia corallina*, *Yeast Torula* dan jamur Filamen seperti *Penicillium* dan *Phycomyces*.

Pada satu spesies mikroorganisme yang diinokulasi dalam media akan terjadi pertumbuhan. Berdasarkan perubahan fisik yang terjadi Frobisher, Hinsdill, Crabtree dan Goodheart membagi pertumbuhan mikroorganisme dalam beberapa fase, dimana biasanya adalah : (1) lag (2) pertumbuhan log (3) declining (4) maximum stationary (5) kenaikan kematian (6) log kematian.

Pada fase lag, mikroorganisme menyesuaikan diri dengan lingkungannya yang baru. Tidak terjadi pertumbuhan sel yang berarti pada permulaan fase dan pada akhir fase mulai terjadi aktivitas metabolisme.

Fase pertumbuhan log, ukuran rata-rata sel pada ukuran minimum. Aktivitas metabolisme pada rate maksimum, fase pertumbuhan eksponensial.



Gambar 2.2 Kurva Pertumbuhan Mikroorganisme
(sumber : Reynold, Tom D., Unit Operation
and Processes in Environmental Engineering)

Fase declining growth, rate generasi mulai menurun dan mikroorganisme mati bertambah. Pertambahan jumlah sel pada tingkat rate yang rendah.

Fase maksimum stationary jumlah sel yang mati sebanding dengan jumlah sel yang diproduksi, jadi populasi sel relatif konstan.

Fase endogeneus, mikroorganisme menggunakan makanan dari bahan makanan yang disimpannya sendiri dan protoplasma. Rate dimana massa sel dalam masa kematian relatif konstan

yaitu 5% sampai 20% per harinya.

Prof R.W. Stone dari Pennsylvania State University menemukan oksidasi hidrokarbon oleh mikroorganisme. Secara umum mikroorganisme dalam activated sludge adalah Gram Negatif yang termasuk dalam anggota genus *Pseudomonas*, *Zoogloea*, *Achromobacter*, *Flavobacterium*, *Nocardia*, *Blelloribrio*, *Mycobacterium* dan 2 bakteri nitrifikasi, *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter*.

Dalam mikroorganisme terdapat enzim yang berfungsi sebagai katalis organik pada reaksi biokimia. Enzim yang terdapat dalam sel (endocellular) yang berperan dalam proses sintesa dalam sel, sedangkan yang bekerja diluar sel (exocellular) berperan dalam proses pencernaan substrat yaitu dengan cara memecah molekul besar menjadi bentuk lebih kecil yang dapat melewati dinding sel dan membran sel.

Proses yang berlangsung selama mikroorganisme mengubah bahan organik menjadi fraksi lain secara biologis adalah,

- molekul substrat kontak dengan dinding sel.
- molekul substrat ditransformasikan ke dalam dinding sel.
- metabolisme molekul substrat oleh sel.

Dari percobaan yang telah dilakukan oleh Beerstecher dan Fuhs, didapatkan bahwa lebih dari 100 spesies mikroorganisme dapat menggunakan hidrokarbon untuk

pertumbuhannya. Mikroorganisme tersebut dapat memotong-motong komponen hidrokarbon alifatik, aromatik dan naften.

Sedangkan Davis dan Raymond mendapatkan bahwa *Pseudomonas*, *Nocardia* dan *Mycobacterium* dapat mengkonversi parafinik, naften dan aromatik hidrokarbon. Davis & Raymond 1964, mempelopori penggunaan aktivitas mikroorganisme untuk penanganan air buangan minyak khususnya.

Mikroorganisme yang diadaptasikan dengan minyak khususnya direkomendasikan untuk digunakan dalam penanganan air buangan yang mengandung minyak oleh Iz'yurova 1958. Studi tentang penanganan terhadap air buangan kilang minyak dalam pilot plant telah dilakukan oleh Karelin 1961, yang merekomendasikan penanganan secara proses mikrobiologi (activated sludge).

Bila dibutuhkan, sampel tanah dapat digunakan sebagai sumber mikroorganisme untuk tujuan pembuatan kultur. Karena oksida hidrokarbon dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme dengan adanya udara dan hidrokarbon dalam media cair yang mengandung garam mineral untuk pertumbuhan. Jadi, kultur yang sangat kaya akan sel mikrobial aktif pada minyak diisolasi, dan konsentrasi ini dapat digunakan untuk inokulasi industri yang mengandung lemak atau industri pengolah minyak.

Sumber yang baik untuk inokulum sel mikrobial adalah tanah yang terkontaminasi minyak, dimana ditambah minyak mentah atau sistem diagitasi dengan udara untuk beberapa hari (penelitian Field Research Laboratory of Socony Mobil Oil Company). Tanah seperti itu lebih kaya dengan oksida hidrokarbon dibandingkan tanah biasa.

Tentu lebih baik bila menginokulasi lumpur yang terdapat pada air buangan minyak dengan mikroorganisme yang senang hidrokarbon. Pada kondisi dengan makanan yang cukup, agitasi yang sempurna dan aerasi yang baik atau terjadi kontak sumber oksigen dengan mikroorganisme aktif, maka pada proses ini mikroorganisme dalam sludge dapat meremove minyak dengan baik pada waktu yang memadai.

Lingkungan air buangan yang cocok untuk mikroorganisme biasanya netral, mempunyai pH 6 - pH 8, dengan pH 7 yang paling disukai dan pada temperatur normal, serta pada dasarnya bebas dari bahan toxic. Air buangan dapat mengandung bahan anorganik tertentu yang dapat meningkatkan pertumbuhan mikrobial, contohnya nitrat atau garam amonium dan phospat.

II.3.2 Kebutuhan Oksigen.

Mikroorganisme membutuhkan Oksigen untuk mengolah bahan organik, yang dalam hal ini adalah senyawa hidrokarbon. Bila mikroorganisme dalam tangki aerasi disuplai dengan Oksigen yang cukup, maka proses yang diharapkan akan berlangsung dengan baik.

Oksigen dibutuhkan sebagai elektron akseptor oleh mikroorganisme aerobik pada proses activated sludge. Bio-oxidation dari substrat membutuhkan sejumlah oksigen tertentu untuk respirasi dan untuk sintesa.

Kondisi aerobik dihasilkan dengan compressed udara dari peralatan aerasi mekanis, spaced uniform sepanjang reaktor, dan level Dissolved Oxygen minimum adalah 2 mg/l (Great Lakes-Upper Mississippi Board of State Sanitary Engineers, 1978).

Oksidasi dibuat dengan mengakselerasi peniupan udara ke dalam activated sludge yang digabungkan dengan agitasi. Pada sistem yang kecil aerasi yang memadai dapat diberikan dengan agitasi yang kuat dengan maksud udara luar dapat masuk.

Untuk dekomposisi minyak maksimum oleh mikroorganisme dibutuhkan udara dengan rate paling kurang 60% dari oksigen

saturation. Dimana dekomposisi minyak memerlukan agitasi dan oksigen yang relatif besar.

II.3.3 Kebutuhan Nutrien.

Unsur yang dibutuhkan sebagai nutrisi diklasifikasikan sebagai : unsur utama, unsur minor, trace elemen dan faktor pertumbuhan. Unsur utama adalah Karbon, Hidrogen, Oksigen, Nitrogen dan Phosphor. Unsur minor pada prinsipnya adalah Sulfur, Kalium, Natrium, Magnesium, Calcium dan Chlorine. Trace elemen terutama terdiri atas besi, Mangan, Cobalt, seng, Boron, Copper, Molybdenum dan Aluminium. Faktor pertumbuhan adalah substansi penting yang dibutuhkan yang tidak dapat disusun oleh sel, secara garis besar termasuk vitamin, asam amino penting dan komponen lain yang dibutuhkan.

Mikroorganisme pemecah hidrokarbon ini disamping membutuhkan hidrokarbon sebagai bahan utama untuk tumbuh juga sebagaimana mikroorganisme lain juga memerlukan elemen lain. Elemen ini dapat ditemui pada air buangan, tetapi pada beberapa air buangan industri didapatkan kekurangan elemen P dan/atau N, sehingga harus ditambahkan. Terutama senyawa yang mengandung Nitrogen pada umumnya sangat sedikit

terkandung dalam minyak bumi.

Pada air buangan minyak yang ditambah garam mineral minyak terdapat $6,4 \cdot 10^6$ mikroorganisme per-mililiter. Sedangkan yang tanpa penambahan garam mineral terdapat $0,6 \cdot 10^6$ mikroorganisme per-mililiter yang diteliti sesudah masa inkubasi. Jadi dengan penambahan garam mineral populasi mikroorganisme lebih banyak sepuluh kali dibandingkan dengan yang tanpa penambahan garam mineral (Voraswilova dan Dianova, 1950).

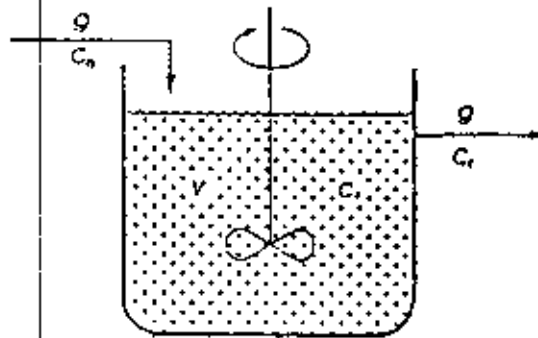
Perkembangan selanjutnya untuk sludge yang efektif diperlukan penambahan NH_4Cl dan K_2PO_2 , dimana minyak akan diremove dengan baik pada percobaan pilot plant dan biodegradasi minyak lebih cepat dengan adanya penambahan garam mineral (Karelin, 1961). Kebutuhan ini oleh Sawyer dinyatakan dalam perbandingan BOD : N : P, dimana kebutuhan minimum 150 : 5 : 1 dan kebutuhan maksimum 90 : 5 : 1.

Bervariasinya konsentrasi nitrogen akan mempengaruhi jumlah pertumbuhan tetapi tidak mempengaruhi rate pertumbuhan mikroorganisme dan rate degradasi minyak. Sedangkan konsentrasi phosphor akan mempengaruhi rate biodegradasi minyak. Maka perlu ditambahkan baik nitrogen maupun phosphor yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme.

II.4 TIPE REAKTOR

II.4.1 Complete Mixing.

Pada reaktor Complete Mixed dapat dimungkinkan untuk mempertahankan kebutuhan oksigen konstan seperti konsentrasi yang uniform. Proses ini mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap fluktuasi beban organik karena proses yang cepat. Karena keuntungan tersebut, complete mixed menjadi lebih populer dibandingkan dengan yang lain.

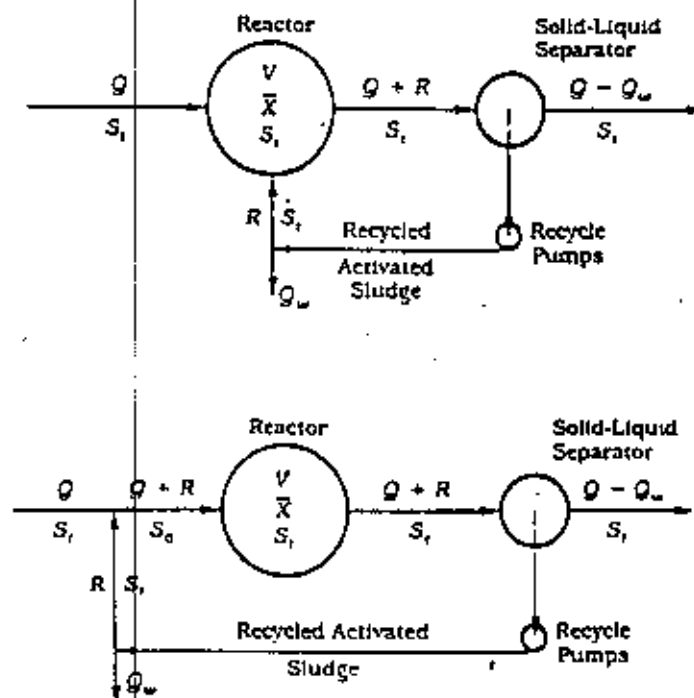


Gambar 2.3 Skema Reaktor Complete Mixed
(sumber : Reynold, Tom D., Unit Operation
and Processes in Environmental Engineering)

Reaktor complete mixed terlihat pada Gambar 2.3, dimana elemen fluid yang masuk, langsung didispersikan ke seluruh volume reaktor yang merupakan uniform dan ditandakan dengan efluen stream. Pada seluruh reaktor mempunyai karakteristik yang sama, baik pada bagian influen reaktor (upstream end)

maupun pada bagian efluen reaktor (downstream end) mempunyai konsentrasi substrat yang sama, baik yang terlarut maupun yang tidak terlarut.

Proses Complete Mixed Activated Sludge terlihat pada Gambar 2.4. Resirkulasi sludge berfungsi untuk mempertahankan level solid dalam tangki aerasi. Pemasukan resirkulasi sludge langsung ke reaktor dekat aerator, jadi dengan cepat teraduk dalam tangki dan tercampur dengan air buangan influen.



Gambar 2.4 Skema Proses Activated Sludge Complete Mixed (sumber : Reynold, Tom D., Unit Operation and Processes in Environmental Engineering)

Pemisahan solid-liquid pada bak pengendap, sistem resirkulasi sludge dan metode penanganan buangan activated sludge adalah sama dengan proses activated sludge lainnya.

Complete Mixed dapat digunakan untuk mengolah air buangan industri yang memiliki kandungan organik tinggi. Secara prinsip kerugian proses complete mixed adalah volume reaktor lebih besar dibandingkan proses activated lainnya.

Untuk complete mixed activated sludge, waktu aerasi biasanya (berdasarkan debit) dari 4 jam sampai 36 jam (4 jam sampai 8 jam untuk air buangan domestik). Mean cell residence time dari 3 hari sampai 30 hari. Rasio resirkulasi dari 50% sampai 150%. MLSS 3000 mg/l sampai 6000 mg/l. F/M umumnya dari 0.05 sampai 0.6 lb.BOD₅/lb.MLSS-hari. Space loading biasanya kurang dari 60 lb.BOD₅/1000 ft³-hari (WPCF, 1977).

Performance dalam removal BOD₅ dan SS akan tergantung pada desain, biasanya dari 85% sampai 95%. Untuk beban pengolah yang sama, reaktor complete mixed membutuhkan waktu reaksi (detention time) yang lebih lama dibandingkan dengan reaktor plug flow. Untuk complete mixed, detention time didapat dari rumus :

$$\theta = \frac{C_0 - C_t}{k C_t}$$

Dimana,

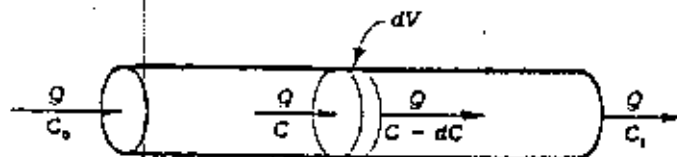
C_0 = konsentrasi reaktan yang masuk reaktor, massa/volume.

C_t = konsentrasi reaktan yang keluar reaktor, massa/volume.

k = konstanta kecepatan, waktu⁻¹.

II.4.2 Plug Flow.

Pada reaktor Plug Flow konsentrasi substrat akan turun dan konsentrasi biomassa akan meningkat. Ada indikasi bahwa kondisi ideal plug flow tidak terjadi dalam praktek tetapi lebih banyak kondisi plug flow yang mendekati complete mixed, banyak model kinetik complete Mixed dikembangkan dan diasumsi sebagai plug flow.



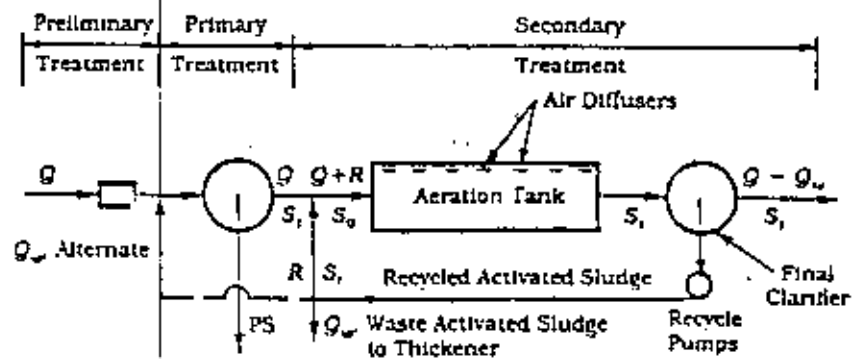
Gambar 2.5 Skema Reaktor Plug Flow
(sumber : Reynold, Tom D., Unit Operation and Processes in Environmental Engineering)

Reaktor plug flow terlihat pada Gambar 2.5 yang secara skematik menggambarkan elemen fluid yang masuk reaktor pada waktu yang sama maka kecepatannya akan sama. Konsentrasi mikroorganisme dalam influen kurang lebih sama dengan pada

II.5 MODIFIKASI

II.5.1 Conventional.

Conventional Activated Sludge seperti Gambar 2.6. Air buangan terlebih dahulu diolah dengan preliminary dan primary treatment. Air buangan Q lalu dimixing dengan resirkulasi sludge R , untuk menginokulasi air buangan dengan 'solid biological aktif', dan $Q + R$ masuk dalam reaktor biologis.



Gambar 2.6 Skema Proses Conventional Activated Sludge
(sumber : Reynold, Tom D., Unit Operation
and Processes in Environmental Engineering)

Bersamaan dengan mixed liquor yang masuk reaktor, 'solid biological aktif' mengabsorpsi dan mengoksidasi bahan organik yang terlarut maupun yang tidak terlarut secara biologis, yang menghasilkan CO_2 , air, produk akhir lain dan untuk

membentuk sel baru. Karena terjadi oksidasi secara biologis maka terjadi degradasi endogeneus secara simultan.

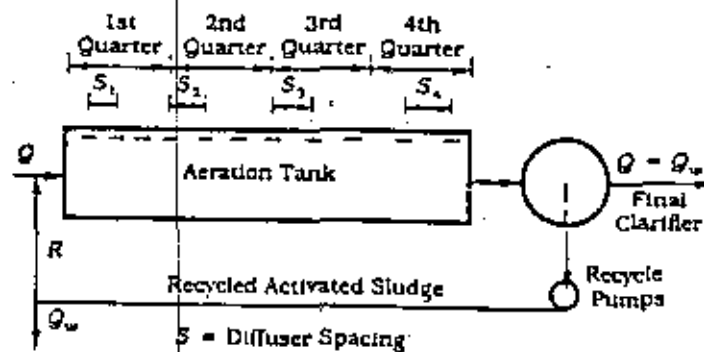
Mixed liquor keluar reaktor ke bak pengendap, dimana 'solid biological aktif' mengendap secara gravitasi. Sludge yang terendapkan diresirkulasi R dan dicampur dengan air buangan asli. Rasio resirkulasi dari 30% sampai 100% tergantung pada MLSS yang diinginkan dan SDI.

Bagian sludge yang dibuang Q_w , dimaksudkan untuk meremove massa yang terbentuk dalam sistem dan dialirkan ke sludge thickener. Biasanya Q_w adalah 1% sampai 6% dari volume flow rate. Untuk plant yang kapasitasnya kecil, Q_w biasanya dicampur dengan air buangan lalu ke primary settling. Pada cara ini, sludge dithickening dan bagian besar airnya diremove sebelum sludge treatment.

Pada operasionalnya terdapat modifikasi pada tipe konvensional ini : Tapered Aerasi, dimana oksigen yang dibutuhkan lebih efisien mengingat jumlah oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme tidak sama pada semua fase dan Step Aerasi, dimana beban organik lebih merata masuk pada tangki aerasi sehingga volume overall tangki menjadi lebih kecil.

Tapered Aerasi diperlihatkan pada Gambar 2.7. Ditandakan dengan proses yang konvensional kecuali peralatan aerator yang dibutuhkan sepanjang tangki sesuai dengan

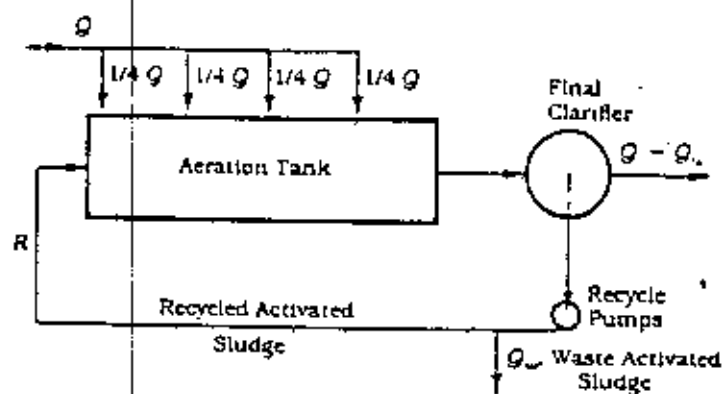
kebutuhan oksigen. Pada upstream end reaktor kebutuhan oksigen tinggi karena BOD_5 maksimum. Karena dalam reaktor mixed liquor mengalir melewati reaktor, kemudian konsentrasi BOD_5 menurun begitu juga kebutuhan oksigen menjadi minimum pada downstream end.



Gambar 2.7 Skema Proses Tapered Aeration
(sumber : Reynold, Tom D., Unit Operation and Processes in Environmental Engineering)

Tapered aeration mempunyai F/M umumnya antara 0,15 sampai 0,4 lb. BOD_5 /lb.MLSS-hari. Space loading kurang dari 25 lb. BOD_5 /1000 ft³-hari. Waktu aerasi bervariasi dari 4 jam sampai 8 jam. Mean cell residence time dari 5 hari sampai 10 hari. Rasio resirkulasi biasanya dari 30% sampai 100%. MLSS dari 1500 mg/l sampai 4000 mg/l (WPCF,1977). Performancinya adalah 90% sampai 95% untuk removal BOD_5 dan 85% sampai 95% untuk removal SS.

Step Aerasi diperlihatkan pada Gambar 2.8. Proses activated sludge khusus ini dikembangkan untuk mengurangi kebutuhan oksigen sepanjang reaktor. Ini dibuat dengan membuat step loading pada tangki aerasi. Walaupun kebutuhan oksigen pada upstream end lebih besar daripada downstream end, hal ini menjadi pertimbangan perbandingan dengan konvensional activated sludge. Tangki aerasi adalah dispersed plug flow aerator dengan step input pada flow feednya.



Gambar 2.8 Skema Proses Step Aerasi
(sumber : Reynold, Tom D., Unit Operation and Processes in Environmental Engineering)

Step aerasi mempunyai nilai F/M 0,2 sampai 0,5 lb.BOD₅/lb.MLSS-hari. Space loading dari 25 sampai 35 lb.BOD₅/1000 ft³-hari. Waktu aerasi yang dibutuhkan normalnya adalah 4 jam sampai 8 jam (berdasarkan flow, Q). Mean cell

residence time adalah 4 hari sampai 12 hari. Rasio resirkulasi adalah 20% sampai 80%. MLSS dari 2000 mg/l sampai 3500 mg/l (WPCF, 1977). Performance untuk removal BOD dan removal SS adalah 85% sampai 95%.

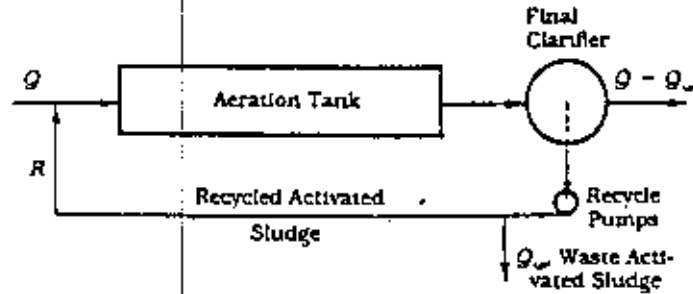
II.5.2 Extended Aeration.

Extended Aeration umumnya digunakan untuk debit yang lebih kecil dan biasanya dapat digunakan untuk instalasi kecil, seperti untuk komunitas kecil dan instalasi khusus.

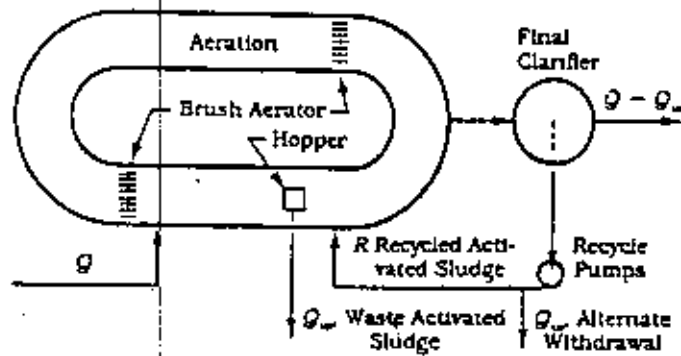
Proses extended aeration terlihat pada Gambar 2.9. Air buangan yang masuk reaktor ini biasanya hanya diolah dengan preliminary treatment.

Secara teoritis pada proses ini didesain semua substrat akan diremove menjadi metabolisme energi dan hasil oksidasi. Karenanya dibutuhkan total oksigen dalam jumlah yang besar. Proses ini didesain sehingga massa sel yang disintesa perhari sama dengan massa sel endogeneous yang terdegradasi perhari. Jadi secara teoritis tidak terdapat produksi massa sel.

Reaktor berbentuk bujursangkar, lingkaran atau segi-empat atau desain race-track seperti oxidation ditch, yang menggunakan aerator tipe brush. Reaktor bulat atau



a. Extended Aeration dengan layout Tangki Segiempat



b. Extended Aeration dengan layout Race Track
atau Oxidation Ditch

Gambar 2.9 Skema Proses Extended Aeration
(sumber : Reynold, Tom D., Unit Operation
and Processes in Environmental Engineering)

bujursangkar mempunyai kecenderungan kondisi complete mixed
sedangkan reaktor segiempat mempunyai kecenderungan kondisi

plug flow dan oxidation ditch mendekati plug flow. Pada oxidation ditch kecepatannya 0,8 fps sampai 1,2 fps untuk membuat 'solid biological' dalam bentuk suspensi.

Extended aerasi mempunyai nilai rasio F/M 0,05 sampai 0,2 lb.BOD₅/lb.MLSS-hari yang dikembangkan untuk meminimalkan produksi sludge. Space loading adalah kurang dari 15 lb.BOD₅/1000 ft³-hari. Waktu reaksi adalah dari 16 jam sampai 36 jam. Mean cell residence time dari 12 hari sampai 30 hari. Rasio resirkulasi dari 50% sampai 300%. MLSS dari 3000 mg/l sampai 6000 mg/l. Performance removal BOD₅ adalah 75% - 95%.

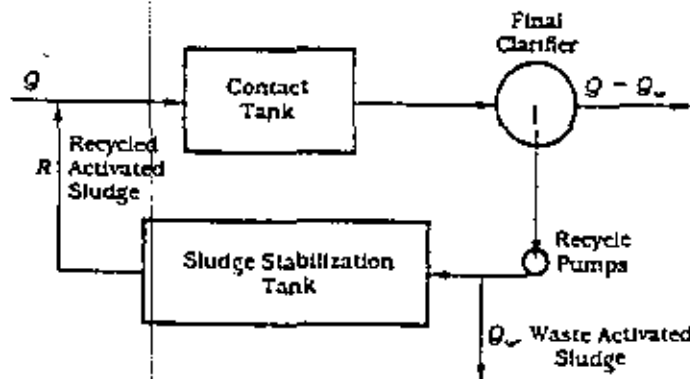
II.5.3 Contact Stabilization.

Pada contact stabilization ini dibutuhkan 2 tangki aerasi. Tangki yang pertama untuk melangsungkan kontak antara biomassa dengan air buangan. Dan pada tangki kedua bahan organik diabsorpsi oleh permukaan biomassa, untuk dimetabolisme atau distabilisasi.

Proses ini dikembangkan untuk air buangan domestik yang mempunyai jumlah bahan organik dalam bentuk partikel solid yang siap disorpsi. Pada air buangan domestik biasanya mempunyai 80% sampai 85% kandungan organik dalam bentuk bahan

partikulat, dan waktu aerasi kurang dari 1 jam biasanya dapat meremove 85% sampai 95% BOD₅.

Contact stabilization terlihat pada Gambar 2.10, yang didesain dengan 2 reaktor, satu untuk sorpsi dan satu untuk oksidasi secara biologis dari bahan yang tersorpsi. Biasanya plant ini tidak punya clarifier primary.



Gambar 2.10 Skema Proses Contact Stabilization
(sumber : Reynold, Tom D., Unit Operation
and Processes in Environmental Engineering)

Contact tank mempunyai waktu kontak 20 menit sampai 60 menit, dimana 'solid biological aktif' mengsorpsi bahan organik baik yang tersuspensi maupun yang terdisolved. Resirkulasi yang diperlukan antara 25% sampai 75%. Sludge bio-oksidasi atau sludge stabilization tank mempunyai waktu

reaksi antara 3 jam sampai 6 jam, dimana 'solid biological' diaerasi dan bahan organik yang tersorbed dibio-oksidasi menjadi yield produk akhir dan sel mikrobial baru.

Contact stabilization dengan 2 reaktor ini membutuhkan total volume aerasi hanya 50% sampai 60% dari yang dibutuhkan pada konvensional. Contact tank biasanya 30% sampai 35 % dari total volume tangki pada plant.

Untuk air buangan lain, diperlukan pilot plant untuk menentukan kelayakan dari proses ini pada air buangan tersebut, karena pada banyak kasus sorpsi yang memadai dari bahan organik tidak terjadi pada waktu yang pendek pada contact tank. Sistem alirannya biasanya adalah complete mixed dan dalam tangki oksidasi biologis adalah disperse plug flow.

Pada proses contact stabilization ini nilai F/M dari 0,2 sampai 0,6 lb.BOD₅/lb.MLSS-hari. Space loading biasanya 25 sampai 50 lb.BOD₅/1000 ft³-hari. Mean cell residence time adalah 4 hari sampai 18 hari. MLSS dalam contact tank adalah 2000 mg/l sampai 4000 mg/l dan dalam tangki oksidasi biologis adalah 6000 mg/l sampai 10000 mg/l (WPCF, 1977). Performacanya untuk removal BOD₅ dan SS adalah 85% sampai 90%.

II.6 SISTEM RESIRKULASI SLUDGE

II.6.1 Mean Cell Residence Time.

Pada pengolahan dengan menggunakan activated sludge umur lumpur juga menentukan, yang berkisar antara 3 hari sampai 15 hari. Tetapi adalah sulit untuk menentukan umur lumpur secara tepat.

Menurut Torpey, umur lumpur (hari) dapat dihitung sebagai berat kering SS dalam sistem (lb) dibagi dengan berat SS dalam influen harian (lb/hari). Umur lumpur dapat juga ditunjukkan dengan jumlah relatif flok dalam resirkulasi dibagi jumlah flok baru yang terbentuk dalam suatu waktu. Perkembangan lebih lanjut digunakan konsep pembagian excess (gallon/hari) dengan kapasitas tangki aerasi (gallon).

Penggunaan mean cell residence time secara sederhana berdasarkan pada kenyataan bahwa untuk mengontrol rate pertumbuhan mikroorganisme dan karena tingkat stabilisasi air buangan, khususnya persentasi massa sel dalam sistem yang harus dibuang setiap hari. Umur lumpur juga dapat untuk menentukan besarnya resirkulasi atau pembuangan 'solid biological' dan tingkat level energinya.

Baik F/M ataupun mean cell residence time merupakan karakteristik performance activated sludge. Sebagai contoh

rasio F/M yang tinggi dan mean cell residence time rendah menghasilkan pertumbuhan filamen (biomassa) yang menghasilkan karakteristik pengendapan yang jelek. Atau dengan kata lain, rasio F/M rendah dan mean cell residence time besar dapat menyebabkan solid biological mengalami degradasi endogeneus yang berlebihan dan dispersi sel mikrobial.

Hubungan antara F/M dan θ_c adalah,

$$\frac{1}{\theta_c} = Y \frac{S}{X \cdot t} - k_e$$

Dimana,

θ_c = mean cell residence time.

X = konsentrasi sel.

k_e = koefisien endogeneus.

Y = koefisien yield sel.

X/ t = rate produksi sel.

Pada proses ini massa mikroorganisme yang bekerja menguraikan bahan organik berupa flok lumpur. Bahwa mikroorganisme membentuk flok yang baik adalah merupakan syarat mutlak untuk pemisahan yang efektif dari solid biological pada bak pengendap.

II.6.2 Resirkulasi.

Dasar activated sludge terdiri dari tangki aerasi yang diikuti dengan bak pengendap. Flokulen mikroorganisme yang diremove dalam bak pengendap sebagian dibuang melalui suatu sludge treatment dan sebagian lagi dikembalikan ke tangki aerasi melalui suatu sistem resirkulasi sludge.

Resirkulasi sludge dalam activated sludge diperlukan karena 'solid biological aktif' yang ada dalam tangki aerasi ikut terbawa oleh aliran efluen, karena activated sludge adalah reaktor suspended. Hal ini berbeda daripada trickling filter, dimana mikroorganisme menempel (fixed) pada media filter.

Resirkulasi merupakan suatu mekanisme feedback yang diperlukan untuk menjaga dan mempertahankan konsentrasi tinggi dari massa mikroorganisme aktif dalam tangki aerasi. Massa solid biologis dalam reaktor tergantung pada efisiensi treatment yang dibutuhkan dan pertimbangan lain yang berhubungan dengan kinetika pertumbuhan.

Disamping tujuan diatas, resirkulasi sludge yang efisien dan efektif dapat mencegah over-accumulation dari solid/endapan pada settling compartement. Biasanya pada kurang lebih setengah kedalaman bak pengendap terbentuk

sludge blanket, bila resirkulasi tidak memadai permukaan blanket akan naik dan kemudian masuk weir. Hal ini akan menghasilkan konsentrasi suspended solid yang berlebih dalam efluen dan konsentrasi solid akan mendekati mixed liquor.

Pemisahan solid biological aktif selain menggunakan bak pengendap dapat juga dengan sistem flotasi, centrifuge atau filter. Bak pengendap merupakan alternatif yang sering kali dipilih, karena mudah pengoperasiannya dan sangat murah. Tetapi hanya efektif untuk partikel flokulen, bila sel mikroorganisme bertahan sebagai individual dan tidak berkumpul bersama dalam bentuk partikel flok, bak pengendap tidak dapat digunakan karena berat basah dari individual sel mikroorganisme kurang lebih 10^{-12} gram dan umumnya tidak terendapkan.

Semakin besar rasio resirkulasi maka akan semakin besar konsentrasi biomassa dalam tangki aerasi. Rasio resirkulasi berbeda-beda untuk tiap tipe activated sludge, misalnya untuk konvensional aerasi berkisar antara 0,25 - 1,00 dan untuk extended aerasi antara 0,50 - 3,00.

Rasio resirkulasi diartikan sebagai perbandingan return flow sludge terhadap rate flow rata-rata dari air buangan dan umumnya diekspresikan sebagai persentase.

II.7 AIR BUANGAN KILANG MINYAK

II.7.1 Minyak Bumi.

Minyak bumi terdiri dari banyak komponen yang membangunnya. Komponen pembangun tersebut diantaranya adalah senyawa hidrokarbon, senyawa turunan hidrokarbon dari sulfur, oksigen, nitrogen, dan yang lain berupa air serta logam.

Komponen hidrokarbon terdiri campuran senyawa hidrokarbon cair, gas yang terlarut dan hidrokarbon padat. Senyawa hidrokarbon merupakan kandungan terbanyak dalam minyak bumi, besarnya kandungan dapat mencapai 90%.

Secara fisis, minyak mentah tersusun oleh zat-zat yang berlainan titik didihnya, dari titik didih rendah sampai titik didih tinggi. Dengan kata lain, minyak mentah tersusun dari fraksi-fraksinya, yaitu kumpulan dari zat dengan trayek titik didih tertentu.

Secara kimia, minyak mentah tersusun oleh atom karbon 83% - 87%, H 11% - 15%, Sulfur 0% - 5%, Oksigen 0% - 0,5% dan Nitrogen 0% - 0,1%. Senyawa hidrokarbon yang ada adalah Parafin, Aromatis, Naften dan Olefin. Senyawa yang mempunyai berat molekul rendah berwujud gas dan cair, sedang yang berat molekulnya tinggi berwujud padat.

Pada fraksi yang mempunyai titik didih tinggi, senyawa-

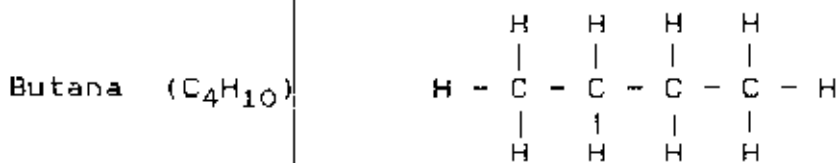
senyawa penyusunnya sangat komplek, sehingga tidak diketahui jenisnya, misalnya pada aspal. Oleh karenanya dapat dikatakan bahwa senyawa hidrokarbon dalam minyak bumi, jenisnya demikian banyak sehingga tidak dapat dihitung atau dikenal.

Senyawa hidrokarbon secara garis besar dibagi menjadi beberapa senyawa,

PARAFIN (Alkana).

Merupakan hidrokarbon alifatik jenuh dengan ikatan tunggal dan bersifat relatif stabil terhadap reaksi kimia. Senyawa parafin fraksi ringan merupakan komponen terbesar dari minyak bumi. Rumus empiris senyawa parafin C_nH_{2n+2} .

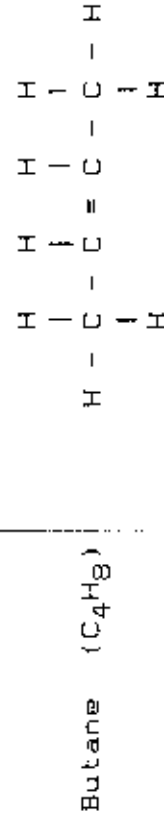
contoh senyawa parafin :



OLEFIN (Alkena).

Merupakan hidrokarbon tak jenuh dengan gugus fungsi ikatan rangkap, $C = C$. Senyawa ini tidak larut dalam air dan bersifat reaktif. Olefin tidak selalu ditemukan dalam minyak bumi. Rumus empiris senyawa olefin C_nH_{2n} .

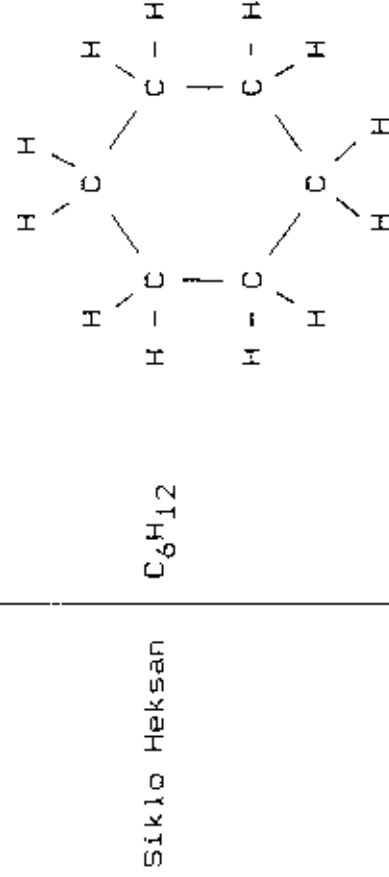
Contoh senyawa olefin :



NAPHTANE (Siklo Parafin)

Senyawa ini merupakan senyawa tertutup (ring) atau siklis, senyawa naphthen sangat stabil tetapi lebih reaktif dibandingkan dengan parafin. Naphten mempunyai formula yang sama dengan senyawa olefin, walaupun sifatnya berbeda. Rumus empiris naphthen adalah C_nH_{2n} .

Contoh senyawa naphthen :

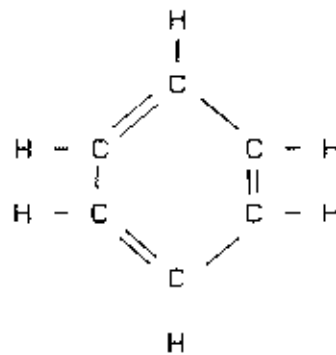


AROMATIS.

Senyawa ini adalah senyawa tak jenuh, tetapi reaktivitasnya sangat kecil. Hidrokarbon aromatis didapatkan pada semua minyak mentah meskipun dalam jumlah yang relatif kecil.

Benzena adalah prototip dari senyawa aromatis, dengan rumus empirisnya C_6H_6 . Senyawa aromatis tidak mempunyai rumus empiris tertentu.

Contoh senyawa aromatis :



II.7.2 Proses Kilang Minyak.

Proses utama dari kilang minyak adalah pengolahan pemisahan fisik fraksi-fraksi berdasarkan pada perbedaan titik didih masing-masing fraksi dalam minyak mentah (crude oil). Peralatan utama dalam pemisahan fraksi ini berupa kolom Fraksinasi Atmospheric yang dilengkapi dengan bubble cup tray.

Pemisahan minyak mentah menjadi fraksi-fraksinya terdiri dari beberapa tahap. Tiap-tiap tahap memiliki tujuan untuk menyempurnakan jalannya proses pemisahan.

Tahap-tahap tersebut adalah sebagai berikut :

a. Penyiapan Feed.

Minyak mentah dari lapangan (sumur minyak) disimpan dalam tangki penimbunan yang dilengkapi dengan coil pemanas untuk menaikkan temperatur minyak mentah menjadi sekitar 30°C, agar minyak mentah tidak terlalu kental sehingga memudahkan dalam pendistribusiannya.

b. Pemanasan Awal.

Minyak mentah dari tangki penimbunan dipompa menuju Heat Exchanger yang merupakan pemanas awal dari proses. Dalam heat exchanger terjadi penukaran panas sehingga terjadi peningkatan temperatur minyak mentah dari 30°C menjadi 96°C Tujuan dari pemanasan awal ini untuk memanfaatkan energi yang ada dalam residu yang berasal dari residu stripper.

c. Pemanasan.

Dari head exchanger minyak mentah masuk dalam tangki stabilisator untuk pengaturan aliran. Kemudian minyak mentah masuk Furnace lewat bagian atas untuk menjaga terjadinya stagnation aliran atau pemanasan mendadak apabila masuk dari bawah. Dari furnace minyak mentah keluar lewat bagian bawah dengan temperatur sekitar 325°C.

d. Pemisahan.

Peralatan pemisahan (fraksinasi) terdiri dari Evaporator, Kolom-Fraksinasi dan Stripper. Dalam evaporator fraksi ringan akan teruapkan sebagai top-product dan fraksi berat akan turun sebagai bottom-product. Kondisi dari tiap-tiap minyak mentah berbeda dalam evaporator ini.

Fraksi ringan kemudian masuk ke dalam kolom fraksinasi untuk dipisahkan lebih lanjut. Pada umumnya hasil pemisahan fraksi ringan dari top product evaporator sebagai berikut :

- Top-Product.

berupa bensin ringan (light gasoline), kemudian menuju proses pengembunan dan pendinginan sebelum masuk ke dalam tangki produk kilang.

- Side Stream Product.

berupa fraksi kerosine dan solar, dialirkan menuju kolom destilasi untuk diproses lebih lanjut.

- Bottom-Product.

berupa PH solar dan solar, dialirkan menuju kolom stripper untuk diproses lebih lanjut.

Fraksi berat kemudian masuk ke dalam residu stripper. Fraksi ringan dari residu stripper masuk kolom fraksinasi untuk dipisahkan lebih lanjut, dan fraksi berat yang berupa residu dialirkan menuju heat exchanger sebagai pemanas awal.

Disamping itu terdapat pemisahan antara produk dengan air yang terkandung dalam produk. Dalam separator air berada pada bagian bawah dan produk akan berada pada bagian atas. Air sebagai limbah akan diolah sebelum dibuang, sedangkan produk akan ditampung dalam tangki produk.

e. Pengembunan.

Tidak semua produk memerlukan pengembunan, hanya produk yang keluar sebagai fase uap (fraksi ringan) yang dikondensasikan dengan kondensor.

f. Pendinginan.

Pendinginan merupakan proses penurunan temperatur produk menjadi mendekati suhu kamar. Proses pendinginan umumnya menggunakan box-cooler atau air cooler.

g. Penimbunan.

Yaitu merupakan tempat penyimpanan dari produk kilang sebelum digunakan lebih lanjut. Untuk penimbunan digunakan tangki yang memenuhi spesifikasi tertentu.

II.7.3 Air Buangan Kilang Minyak

Air buangan kilang minyak bervariasi, baik dari macam kilang minyaknya dan pada hari ke hari pada suatu kilang minyak.

Air buangan kilang minyak pada umumnya berasal dari tiga sumber, yaitu :

- a. Drain tangki minyak mentah dan drain tangki produk kilang.

Air buangan ini mempunyai kandungan minyak yang relatif tinggi, meskipun hanya dihasilkan secara periodik.

- b. Proses pengilangan minyak.

Air buangan yang berasal dari proses pemisahan minyak mentah mempunyai kandungan minyak yang tinggi dan dengan aliran yang relatif besar, karena dalam minyak mentah terkandung air.

- c. Pembersihan tumpahan minyak.

Air buangan yang berasal dari air pembersihan (siraman) tumpahan (ceceran) minyak di sekitar kilang minyak mempunyai kandungan minyak yang relatif rendah, tetapi mempunyai debit yang relatif besar.

II.7.4. Pengolahan Air Buangan Kilang Minyak.

Air buangan kilang minyak memerlukan penanganan yang rumit dan kompleks, untuk memisahkan minyak dari air buangan kilang minyak diperlukan proses fisik, biologis bahkan kimia.

Penanganan secara fisik merupakan treatment awal untuk meremove atau mengurangi minyak sebelum air buangan diolah secara biologis. Unit pengolahan yang sering digunakan adalah unit separator gravitasi dan unit flotasi udara. Proses fisik ini memisahkan/mengambil minyak bebas dan minyak yang mengapung di permukaan, lalu dikembalikan ke tempat penyimpanan minyak dan direcovery dalam operasi kilang minyak. Dasar desain dari separator adalah gravitasi minyak dan air. Air buangan yang telah melewati separator biasanya mengandung minyak 25 ppm - 100 ppm. Faktor yang mempengaruhi efisiensi separator termasuk temperatur air, ukuran partikel, density, jumlah dan karakteristik dari bahan suspended.

Penanganan secara biologis merupakan treatment lanjutan dari treatment awal karena masih adanya sejumlah minyak tertentu dalam effluent treatment awal. Pengolahan secara biologis pada air buangan kilang minyak, yaitu activated sludge, trickling filter, oxidation pond, cooling tower.

Penanganan secara mikrobiologi air buangan kilang

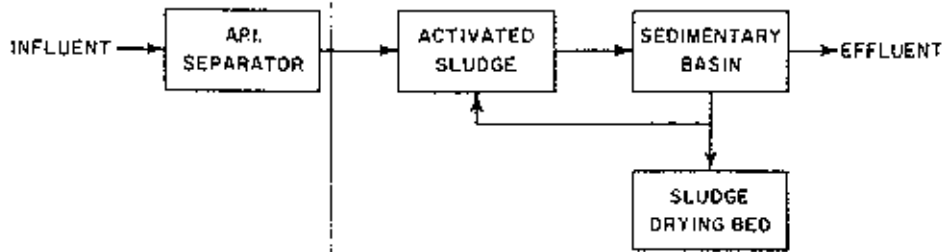
minyak menjadi bagian yang dibutuhkan oleh proses industri minyak untuk penanganan refinery dan buangan mengandung minyak sebelum dibuang ke sungai, danau ataupun laut.

Proses activated sludge pada kilang minyak biasanya diikuti oksidation ponds dengan waktu retention 1-2 hari. Trickling filter mendahului activated sludge tidak menunjukkan keuntungan khusus dan dapat mengganggu fungsi proses activated sludge pada waktu beban organik rendah, walaupun rancangan ini sesuai untuk air buangan tertentu. Rate yang tinggi dan tingkat kestabilan organik memungkinkan activated sludge digunakan pada aplikasi pengolahan air buangan kilang minyak.

Penanganan secara kimia pada umumnya merupakan akhir dari pengolahan air buangan kilang minyak dan sering kali menggunakan final flokulasi kimia. Gambaran yang penting dari flokulasi kimia adalah adsorpsi dan penyerapan minyak yang tidak diremove dalam proses biologis (activated sludge).

Cara kimia digunakan bila diperlukan kualitas efluen yang tinggi. Dengan menggunakan final flokulasi kimia BOD menjadi lebih rendah. Namun dengan cara kimia ini menimbulkan banyak masalah terutama pada sedimen yang dihasilkan. Sedimen harus secara periodik ditangani dengan incenerator, burial atau cara yang lainnya.

Pada flow diagram Gambar 2.11, dapat dilihat bahwa air buangan kilang dari influen dialirkan ke API separator yang



Gambar 2.11 Skema Flow Diagram Pengolahan Air Buangan Pada Industri Pengilangan Minyak.
(Davis, J.B., Petroleum Microbiology)

dapat meremove minyak dalam jumlah besar, dan seperti diketahui merupakan langkah umum dalam merecovery minyak atau hidrokarbon pada refinery. Activated sludge digunakan untuk meremove sejumlah tertentu hidrokarbon pada influen yang tidak dapat direcover pada API separator. Flow diagram ini sebenarnya tidak lebih dari replika activated sludge yang digunakan secara efektif pada penanganan sewage. Metoda ini sedikit berbeda dengan penanganan air buangan domestik dan industri lainnya.

II.8 PEWARNAAN GRAM

Salah satu pewarnaan bertingkat yang paling banyak dipergunakan dan sangat populer adalah pewarnaan Gram yang ditemukan oleh Christian Gram (Denmark 1884) yang kemudian lebih dikembangkan secara bertahap.

Pewarnaan ini mungkin merupakan salah satu prosedur yang amat penting dan paling banyak digunakan dalam klasifikasi mikroorganisme secara umum. Pewarnaan Gram disebut juga pewarnaan diferensial.

Pewarnaan atau pengecatan terhadap mikroorganisme dapat dilakukan secara langsung (dari sampel yang ada) ataupun secara tidak langsung (melalui biakan murni).

Dengan metode ini, mikroorganisme dapat dipisahkan secara umum menjadi dua kelompok besar yaitu,

- a. Organisme yang dapat menahan kompleks pewarna primer ungu kristal iodium sampai pada akhir prosedur (sel-sel tampak biru gelap atau ungu), disebut Gram Positif.
- b. Organisme yang kehilangan kompleks warna ungu kristal pada waktu pembilasan dengan alkohol namun terwarnai oleh pewarna tandingan safranin (sel-sel tampak merah muda), disebut Gram Negatif.

Perbedaan pokok dari bakteri Gram Negatif dan Gram Positif adalah struktur dinding sel yang dimiliki, komposisi dinding sel bakteri ini berperan dalam terjadinya reaksi Gram yang berbeda-beda. Pada bakteri Gram Negatif kandungan lemak yang terdapat pada dinding sel lebih tinggi dibandingkan pada dinding sel bakteri Gram Positif.

Teori tentang reaksi Gram tergantung pada struktur dinding sel ini, didukung oleh kenyataan bahwa plesan bakteri pada kaca obyek yang dipanaskan berlebihan akan menyebabkan pecahnya (rusaknya komposisi) dinding sel. Dalam keadaan demikian sel-sel Gram Positif akan/dapat melepaskan warna primer (ungu kristal iodium) dan menerima warna tandingan (safranin).

Pada Gram Negatif pembilasan yang dilakukan dengan alkohol atau aseton akan melarutkan kandungan lipid yang banyak terdapat pada dinding sel dan menghilangkan pewarna primer ungu kristal iodium, sehingga sel akan dapat terwarnai oleh pewarna tandingan safranin (sel-sel tampak berwarna merah muda). Disamping itu larutnya lipid oleh larutan pemucat (alkohol atau aseton) diduga memperbesar pori-pori dinding sel dan inilah yang menyebabkan proses pemucatan pada Gram Negatif berlangsung lebih cepat.

Pada Gram Positif pembilasan dengan alkohol atau aseton

tidak mampu menghilangkan pewarna primer ungu kristal iodium, karena dinding selnya tidak banyak mengandung lipid, sehingga sel tidak terwarnai oleh pewarna tandingan safranin (sel-sel tampak berwarna ungu). Disamping itu dinding yang lebih tebal pada bakteri Gram Positif menyusut karena terjadinya dehidrasi oleh larutan pemucat (alkohol atau aseton), hal ini menyebabkan pori-pori dinding sel menutup sehingga mencegah larutnya kompleks ungu kristal iodium dan ini merupakan penghalang pada proses pemucatan.

efluen tangki aerasi. Kelebihan mikroorganisme harus dibuang dari reaktor dan tidak dari recycle line. Sistem resirkulasi plug flow secara teoritis lebih efisien dalam stabilisasi untuk air buangan terlarut dibandingkan dengan sistem resirkulasi complete mixed.

Sistem plug flow tidak dapat mengatasi shock loads. Dengan membuat tangki aerasi menjadi seri, maka performance treatment dapat diperbaiki tanpa kehilangan yang berarti pada kemampuan sistem.

Waktu yang dibutuhkan untuk elemen fluid sama dengan Waktu aerasi (detention time) teoritis, dan tidak terdapat mixing longitudinal. Untuk plug flow waktu aerasi (detention time) diperoleh dari rumus,

$$\frac{C_t}{C_0} = e^{-k\theta}$$

Dimana,

- C_0 = konsentrasi reaktan yang masuk reaktor, massa/volume.
- C_t = konsentrasi reaktan yang keluar reaktor, massa/volume.
- k = konstanta kecepatan, waktu⁻¹.
- θ = waktu aerasi, waktu.

BAB III

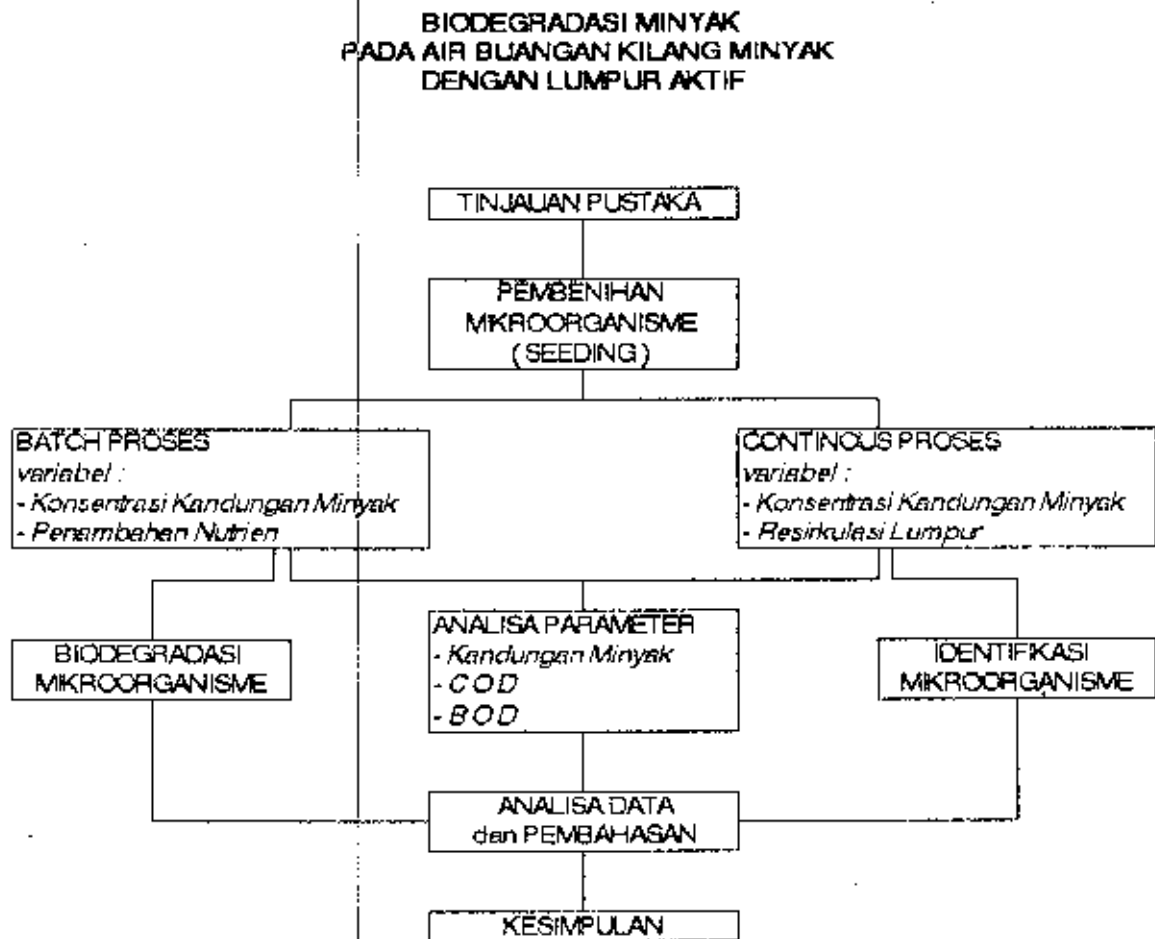
METODOLOGI

III.1 UMM

Metodologi mempunyai peranan yang sangat penting dalam suatu penelitian, yaitu untuk mempermudah dalam pelaksanaan penelitian, memperkecil tingkat kesalahan dan untuk mengevaluasi terhadap segala sesuatu yang telah dilaksanakan dalam penelitian.

III.2 KERANGKA PENELITIAN

Kerangka penelitian yang dimaksudkan di sini berisi tahapan pelaksanaan secara umum yang dilaksanakan untuk mencapai tujuan penelitian dan dapat digambarkan sebagai berikut : (Gambar 3.1).



Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

III.3 METODE PENELITIAN

III.3.1 Sampel Air Buangan.

Jenis air buangan yang digunakan pada penelitian ini adalah air buangan kilang minyak yang berlokasi di Cepu. Air

buangan ini diambil di Jepang dimana telah mengalami pengolahan minyak secara fisik pada reaktor oil catcher. Menurut teori effluen dari reaktor oil catcher mempunyai kandungan minyak yang relatif kecil, tetapi pada kenyataannya air buangan kilang minyak tersebut masih mempunyai kandungan minyak antara 10 mg/l sampai dengan 30 mg/l.

III.3.2 Model Unit Pengolahan Air Buangan.

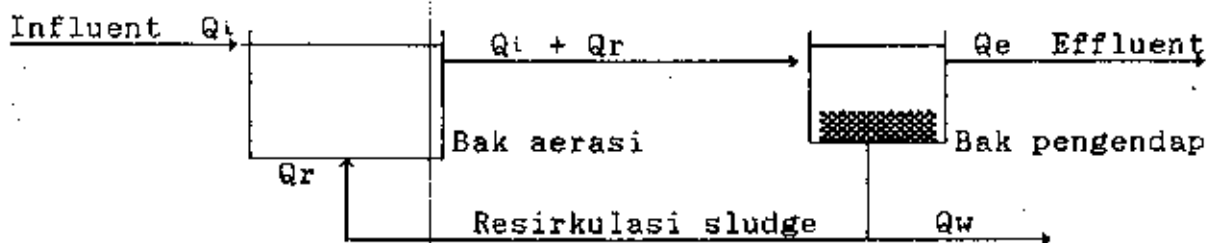
Model unit pengolahan air buangan reaktor pilot plant yang digunakan berupa pengolahan biologis dengan proses aerobik, di mana dalam penelitian ini digunakan model reaktor Lumpur Aktif yang skemanya seperti terlihat pada Gambar 3.2.

Air buangan yang sudah diketahui kandungan minyaknya akan ditampung dalam reservoir air buangan kemudian dialirkan ke dalam reaktor lumpur aktif (tangki aerasi) secara gravitasi, selanjutnya effluen reaktor lumpur aktif ini ditampung lagi ke dalam bak pengendap untuk dapat memisahkan kandungan sludge dan mendapatkan filtratnya. Lumpur yang telah didapatkan ini direaksikan kembali ke reaktor lumpur aktif dengan menggunakan pompa dosing, dan seterusnya.

III.3.3 Kondisi Pengoperasian.

Kondisi pengoperasian reaktor pilot plant dari penelitian ini dilakukan pada pH dan temperatur sesuai dengan kondisi air buangan yang ada.

Variabel yang diamati/diuji pada penelitian ini adalah konsentrasi kandungan minyak dan penambahan nutrisi untuk pengoperasian secara batch proses. Sedangkan untuk continuous proses variabel yang digunakan adalah konsentrasi kandungan minyak dan resirkulasi lumpur. Penelitian ini dilakukan untuk 3 (tiga) variasi nilai yang berbeda-beda untuk masing-masing variabel.



Gambar 3.2 Skema Model Reaktor Unit Lumpur Aktif

III.3.4 Prosedur Pengoperasian.

Prosedur pengoperasian dilakukan dengan batch proses dan continuous proses.

III.3.4.1 Prosedur untuk Batch proses.

1. Melakukan pengukuran kandungan minyak yang terkandung dalam air buangan (prosedur di lampiran).
2. Melakukan pengukuran parameter COD dan BOD pada konsentrasi kandungan minyak tersebut (prosedur di lampiran).
3. Melakukan variasi penambahan nutrien pada larutan sampel.
4. Melakukan pengukuran konsentrasi parameter-parameter pada tiap periode waktu tertentu, untuk mengetahui waktu biodegradasi dan kemampuan biodegradasi minyak. Pengukuran dilakukan setiap 2 jam selama 6 jam dan setelah itu tiap 6 jam selama 24 jam.
5. Prosedur ini diulang dengan 3 (tiga) buah nilai yang berbeda untuk masing-masing variabel, seperti pada tabel berikut ini (Tabel 3.1).

Tabel 3.1 Sistem Pengoperasian pada Batch Proses

K-1 = 10 mg/l COD-1 BOD-1	N-1 = tanpa penambahan nutrisi N-2 = 100 : 5 : 1 N-3 = 100 : 10 : 1
K-2 = 20 mg/l COD-2 BOD-2	N-1 = tanpa penambahan nutrisi N-2 = 100 : 5 : 1 N-3 = 100 : 10 : 1
K-3 = 30 mg/l COD-3 BOD-3	N-1 = tanpa penambahan nutrisi N-2 = 100 : 5 : 1 N-3 = 100 : 10 : 1

Keterangan :

K-1, K-2, K-3

= konsentrasi minyak 1, 2, 3

N-1, N-2, N-3

= penambahan nutrisi (BOD : N : P)

COD-1, COD-2, COD-3

= konsentrasi COD pada konsentrasi minyak K-1, K-2, K-3.

BOD-1, BOD-2, BOD-3

= konsentrasi BOD pada konsentrasi minyak K-1, K-2, K-3.

6. Pada % removal kandungan minyak terbesar dari hasil Tabel 3.1, dilakukan lagi variasi terhadap konsentrasi COD yang dimiliki K-1, K-2 dan K-3, sedangkan konsentrasi kandungan minyak dibuat konstan.
7. Pada % removal kandungan minyak terbesar dari hasil Tabel 3.1, dilakukan variasi terhadap konsentrasi kandungan minyak yang dimiliki K-1, K-2 dan K-3, dengan konsentrasi COD dibuat konstan.

III.3.4.2 Prosedur untuk Continuous proses.

1. Melakukan pengukuran konsentrasi kandungan minyak yang terkandung dalam air buangan, sebelum masuk ke reaktor pilot plant.
2. Menyiapkan larutan sampel dengan konsentrasi yang telah ditentukan, dengan jalan melakukan pengenceran.
3. Melakukan pengukuran debit influen dan efluen reaktor pilot plant lumpur aktif serta debit resirkulasi, untuk mengetahui debit aliran yang masuk ke dalam reaktor.
4. Melakukan variasi terhadap resirkulasi sludge, dengan jalan mengatur debit resirkulasi sludge dan debit influen.
5. Melakukan pengukuran konsentrasi parameter-parameter pada titik-titik sampling (di influen dan efluen), untuk mengetahui kemampuan removal pada reaktor lumpur aktif.
6. Prosedur ini diulang dengan 3 (tiga) buah nilai yang berbeda untuk masing-masing variabel, seperti pada tabel berikut ini (Tabel 3.2).

Tabel 3.2 Sistem Pengoperasian pada Continuous Proses

K-1	R-1 = 0,3
	R-2 = 0,5
	R-3 = 1,0
K-2	R-1 = 0,3
	R-2 = 0,5
	R-3 = 1,0
K-3	R-1 = 0,3
	R-2 = 0,5
	R-3 = 1,0

III.3.4.3 Prosedur pengamatan secara mikrobiologi

1. Melakukan suatu uji terhadap aktivitas mikroorganisme pada removal kandungan minyak dengan membandingkan antara satu lumpur dengan lumpur steril pada keadaan dan kondisi yang sama.
2. Identifikasi Bakteri berdasarkan Pewarnaan Gram.

a. Isolasi Awal.

Karena tiap mikroorganisme mempunyai sifat spesifik yang tidak sama dengan mikroorganisme lain, maka pembiakannya membutuhkan media yang berbeda pula. Dalam penelitian ini digunakan 3 (tiga) macam media,

yaitu :

- Mac Conkey Agar
- Eosin Methylene Blue (EMB) Agar
- Blood Agar Base

b. Pewarnaan Gram.

Dalam metode pewarnaan Gram, bakteri dapat dibedakan secara umum menjadi 2 (dua) kelompok besar,

- Organisme yang dapat menahan kompleks pewarna primer ungu kristal Iodium sampai pada akhir prosedur (sel tampak biru gelap) disebut Gram positif.
- Organisme yang kehilangan kompleks warna ungu kristal pada waktu pembilasan dengan alkohol, namun kemudian terwarnai oleh pewarna tandingan (safranin) sehingga sel-sel tampak merah muda, disebut Gram negatif.

III.3.5 Pengukuran Konsentrasi Parameter.

Parameter-parameter yang dianalisa adalah BOD, COD dan kandungan minyak

III.3.5.1 Chemical Oxygen Demand (COD).

Pemeriksaan COD merupakan salah satu cara untuk menentukan kandungan zat organik dalam air buangan secara kimiawi. Pemeriksaan COD didasarkan pada jumlah oksigen yang

dibutuhkan untuk mengoksidasi zat organik yang ada dalam air buangan dengan menggunakan zat pengoksidasi. Pemeriksaan COD dilakukan dengan menggunakan larutan $K_2Cr_2O_7$ sesuai dengan prosedur pada Standard Methods.

III.3.5.2 Biological Oxygen Demand (BOD).

Pemeriksaan BOD merupakan salah satu cara untuk menentukan kandungan zat organik dalam air buangan secara biologis. Pemeriksaan BOD didasarkan atas reaksi oksidasi zat organik dengan oksigen dalam air, di mana proses tersebut berlangsung karena adanya bakteri aerobik.

Pemeriksaan BOD dilakukan dengan cara analisa oksigen terlarut menggunakan Metode Winkler.

III.3.5.3 Kandungan Minyak.

Metode yang akan digunakan adalah metode Con Cawe dengan Infrared Spektrophotometry yaitu setiap senyawa yang mengandung gugus CH^- , CH_2 dan CH_3 , baik golongan hidrokarbon maupun turunannya akan menghasilkan serapan sinar infrared pada panjang gelombang 3,38 dan 3,42 mikron atau mendekati 2958 dan 2924 cm^{-1} .

Minyak yang terlarut dalam air dapat ditentukan kadarnya dengan jalan mengekstraksi menggunakan pelarut CCl_4 . Hasil

ekstraksi yang telah dibersihkan dari senyawa non hidrokarbon, dapat diamati langsung serapannya dengan panjang gelombang $3100 - 2750 \text{ cm}^{-1}$. Nilai absorban yang teramati digunakan untuk menghitung konsentrasi hidrokarbon.

III.3.6 Metode Sampling.

Sampling di reaktor pilot plant dilakukan apabila kondisi operasional sudah mencapai keadaan steady state. Keadaan steady state tercapai bila kemampuan pengolahan dari sistem telah mempunyai nilai konstan. Kondisi ini ditunjukkan dengan pemeriksaan PV (permanganat value), nilai ini dianggap konstan apabila mempunyai fluktuasi kurang dari 10 %.

Sampling dilakukan pada influen dan effluen reaktor Lumpur Aktif yang dioperasikan. Setiap titik sampling akan mengalami perlakuan yang sama terhadap parameter yang dianalisa.

III.4 ANALYTICAL QUALITY CONTROL

Analytical Quality Control (AQC) merupakan suatu kontrol analisa kualitatif untuk menjamin ketepatan (akurasi) dan ketelitian (presisi) dari data hasil suatu pengukuran.

Akurasi merupakan perbedaan antara nilai rata-rata beberapa hasil pengukuran dengan nilai pengukuran yang sebenarnya. Sedangkan presisi berhubungan dengan penyebaran data-data pengukuran yang dihasilkan terhadap nilai rata-rata pengukurannya, dinyatakan sebagai nilai standard deviasi.

AQC berfungsi untuk menghindari kesalahan-kesalahan, antara lain :

- Operasional, seperti kesalahan dalam melaksanakan prosedur analisa yang benar.
- Personal, seperti keterbatasan kondisi fisik seorang analis atau kebiasaan kerja yang ceroboh.
- Peralatan dan Reagen, seperti kegagalan peralatan mencapai keseimbangan dan kemurnian zat kimia yang ada.

Ada 2 (dua) jenis AQC, yaitu External AQC yang bertujuan untuk melihat ketelitian dan ketepatan analisa antar laboratorium dan Internal AQC yang bertujuan untuk mengetahui ketelitian dan ketepatan seorang analis. Pada penelitian ini hanya dilakukan internal AQC untuk setiap parameter yang dianalisa.

BAB IV

DATA HASIL PENELITIAN DAN PERHITUNGAN REMOVAL

IV.1 DATA HASIL PENELITIAN

Percobaan yang dilakukan dalam penelitian secara batch proses menggunakan variasi terhadap 2 (dua) variabel penelitian yaitu :

- konsentrasi minyak (K)
 - K-1 = 10 mg/l
 - K-2 = 20 mg/l
 - K-3 = 30 mg/l
- penambahan nutrisi (N)
 - N-1 = tanpa penambahan nutrisi
 - N-2 = nutrisi 100 : 5 : 1
 - N-3 = nutrisi 100 : 10 : 1

Sedangkan pada continuous proses menggunakan variasi terhadap 2 (dua) variabel penelitian yaitu :

- konsentrasi minyak (K)
 - K-1 = 10 mg/l
 - K-2 = 20 mg/l
 - K-3 = 30 mg/l
- rasio resirkulasi ($R = Q_r/Q_i$)
 - R-1 = 0,3
 - R-2 = 0,5
 - R-3 = 1,0

Pada bab ini akan ditampilkan data-data hasil penelitian yang telah dilakukan mencakup variabel tersebut diatas. Untuk data batch proses terdapat pada Tabel 4.1 sampai dengan Tabel 4.3, sedangkan data continous proses terdapat pada Tabel 4.4.

Data Hasil Penelitian

Tabel 4.1 Hasil analisis Batch Proses dengan variasi Nutrien dan Konsentrasi.

N-1 (tanpa penambahan nutrisi)							
	LAMA WAKTU AERASI						
	0 jam	2 jam	4 jam	6 jam	12 jam	18 jam	24 jam
K-1	10.52	8.85	8.78	7.89	6.01	5.81	5.78
COD-1	167.00	144.00	122.00	97.00	52.00	51.00	50.00
BOD-1	67.00	57.00	52.00	47.00	19.00	18.00	18.00
K-2	20.32	17.74	14.89	12.51	9.95	9.95	9.75
COD-2	333.00	277.00	216.00	183.00	110.00	108.00	107.00
BOD-2	130.00	108.00	80.00	61.00	39.00	37.00	36.00
K-3	30.40	27.03	23.29	18.86	13.88	13.47	13.28
COD-3	488.00	431.00	369.00	307.00	187.00	186.00	184.00
BOD-3	203.00	177.00	149.00	123.00	78.00	78.00	76.00
N-2 (penambahan nutrisi 100 : 5 : 1)							
	LAMA WAKTU AERASI						
	0 jam	2 jam	4 jam	6 jam	12 jam	18 jam	24 jam
K-1	10.52	9.52	8.58	7.45	5.48	5.37	5.28
COD-1	167.00	138.00	113.00	87.00	35.00	33.00	32.00
BOD-1	67.00	58.00	44.00	39.00	10.00	10.00	9.00
K-2	20.32	17.14	13.78	10.79	7.82	7.51	7.31
COD-2	333.00	264.00	197.00	138.00	78.00	75.00	74.00
BOD-2	130.00	101.00	74.00	49.00	24.00	24.00	23.00
K-3	30.40	26.17	21.85	17.73	10.35	10.03	9.73
COD-3	488.00	421.00	346.00	274.00	149.00	147.00	147.00
BOD-3	203.00	170.00	139.00	108.00	55.00	54.00	52.00
N-3 (penambahan nutrisi 100 : 10 : 1)							
	LAMA WAKTU AERASI						
	0 jam	2 jam	4 jam	6 jam	12 jam	18 jam	24 jam
K-1	10.52	8.85	8.74	7.88	5.81	5.70	5.58
COD-1	167.00	143.00	113.00	89.00	37.00	36.00	35.00
BOD-1	67.00	55.00	45.00	35.00	13.00	13.00	12.00
K-2	20.32	17.35	14.07	11.00	8.19	8.05	7.82
COD-2	333.00	268.00	202.00	143.00	83.00	82.00	81.00
BOD-2	130.00	104.00	78.00	54.00	30.00	29.00	29.00
K-3	30.40	26.70	25.33	18.71	11.61	11.45	11.25
COD-3	488.00	441.00	348.00	277.00	158.00	155.00	150.00
BOD-3	203.00	173.00	144.00	115.00	66.00	63.00	62.00

Keterangan :

- K-1, K-2, K-3 : Konsentrasi Minyak (mg/l).
- COD-1, COD-2, COD-3 : Konsentrasi COD pada K-1, K-2, K-3 (mg/l).
- BOD-1, BOD-2, BOD-3 : Konsentrasi BOD pada K-1, K-2, K-3 (mg/l).

Tabel 4.2 Hasil analisa Batch Proses pada Konsentrasi Konstan.

Konsentrasi Minyak Konstan							
	LAMA WAKTU AERASI						
	0 jam	2 jam	4 jam	6 jam	12 jam	18 jam	24 jam
K-3	31.48	27.23	22.29	18.35	9.29	9.15	8.97
COD-1	170.00	135.00	102.00	73.00	35.00	35.00	34.00
K-3	30.22	26.04	22.20	18.30	9.23	9.16	9.01
COD-2	331.00	276.00	225.00	177.00	82.00	81.00	79.00
K-3	29.82	26.18	22.02	18.29	10.20	9.96	9.57
COD-3	503.00	423.00	347.00	277.00	149.00	146.00	142.00
Konsentrasi COD Konstan							
	LAMA WAKTU AERASI						
	0 jam	2 jam	4 jam	6 jam	12 jam	18 jam	24 jam
K-1	9.99	8.98	7.88	8.94	5.13	5.06	4.99
COD-3	498.00	448.00	492.00	349.00	249.00	246.00	237.00
K-2	21.10	18.14	15.09	12.53	8.60	9.53	9.49
COD-3	505.00	439.00	377.00	319.00	195.00	192.00	191.00
K-3	29.82	26.18	22.02	18.29	10.20	9.96	9.57
COD-3	503.00	423.00	347.00	277.00	149.00	146.00	142.00

Keterangan :

- K-1, K-2, K-3 : Konsentrasi Minyak (mg/l).
- COD-1, COD-2, COD-3 : Konsentrasi COD pada K-1, K-2, K-3 (mg/l).

Tabel 4.3 Hasil analisa Batch Proses pada Kondisi Steril.

	LAMA WAKTU AERASI						
	0 jam	2 jam	4 jam	6 jam	12 jam	18 jam	24 jam
K	9.73	9.73	9.69	9.63	9.52	9.51	9.44
COD	165.00	165.00	162.00	159.00	155.00	153.00	152.00
BOD	68.00	67.00	65.00	64.00	62.00	61.00	60.00

Keterangan :

- K : Konsentrasi Minyak pada K-1 (mg/l).
- COD : Konsentrasi COD pada K-1 (mg/l).
- BOD : Konsentrasi BOD pada K-1 (mg/l).

Tabel 4.4 Hasil analisa Continuous Proses.

	R-1 (0.3)		R-2 (0.5)		R-3 (1.0)	
	Influen	Efluen	Influen	Efluen	Influen	Efluen
K-1	10.50	5.09	10.05	5.30	9.91	5.40
COD-1	168.00	67.00	164.00	49.00	170.00	58.00
BOD-1	65.00	19.00	67.00	13.00	68.00	18.00
K-2	20.00	9.70	20.18	9.47	21.50	10.10
COD-2	330.00	139.00	337.00	115.00	335.00	121.00
BOD-2	133.00	43.00	128.00	28.00	135.00	39.00
K-3	29.70	13.50	30.80	11.40	29.25	12.58
COD-3	501.00	235.00	503.00	201.00	498.00	219.00
BOD-3	203.00	81.00	205.00	62.00	198.00	73.00

Keterangan :

- K-1, K-2, K-3 : Konsentrasi Minyak (mg/l).
- COD-1, COD-2, COD-3 : Konsentrasi COD pada K-1, K-2, K-3 (mg/l).
- BOD-1, BOD-2, BOD-3 : Konsentrasi BOD pada K-1, K-2, K-3 (mg/l).
- R-1, R-2, R-3 : Rasio resirkulasi sludge (Q_r/Q_i).

IV.2 HASIL PERHITUNGAN REMOVAL

Dari data - data yang diperoleh kemudian dihitung efisiensi removal untuk parameter-parameter minyak, COD dan BOD. Efisiensi removal dapat dihitung dengan perumusan sebagai berikut :

$$\% R = \left[\frac{C_o - C_i}{C_o} \right] * 100\%$$

dimana C_o = konsentrasi influen parameter

C_i = konsentrasi efluen reaktor

Dengan menggunakan perumusan diatas maka didapatkan hasil perhitungan efisiensi removal untuk masing-masing parameter seperti terlihat pada Tabel 4.5 sampai dengan 4.7 untuk batch proses dan Tabel 4.8 untuk continous proses.

Data Hasil Penelitian

Tabel 4.5 Perhitungan Removal Minyak, COD dan BOD, pada Batch Proses.

N-1 (tanpa penambahan nutrisi)							
	LAMA WAKTU AERASI						
	0 jam	2 jam	4 jam	6 jam	12 jam	18 jam	24 jam
% K-1	0.00	8.30	16.70	25.00	42.90	44.80	45.00
% COD-1	0.00	13.77	26.95	41.82	68.86	69.48	70.06
% BOD-1	0.00	14.92	22.30	29.85	71.64	73.13	73.19
% K-2	0.00	12.70	26.25	36.45	51.05	51.25	52.00
% COD-2	0.00	16.82	35.13	51.05	66.97	67.57	67.87
% BOD-2	0.00	16.48	36.46	53.08	70.00	71.54	72.31
% K-3	0.00	11.10	23.40	34.37	55.00	55.70	56.30
% COD-3	0.00	13.45	25.90	38.35	60.44	60.64	61.04
% BOD-3	0.00	12.81	26.80	39.41	61.06	61.56	62.54
N-2 (penambahan nutrisi 100 : 5 : 1)							
	LAMA WAKTU AERASI						
	0 jam	2 jam	4 jam	6 jam	12 jam	18 jam	24 jam
% K-1	0.00	9.40	18.80	28.20	47.80	49.00	50.00
% COD-1	0.00	16.77	32.33	47.90	79.04	80.24	80.84
% BOD-1	0.00	16.42	34.33	41.78	85.07	85.07	88.57
% K-2	0.00	15.85	32.30	46.90	62.50	63.05	64.00
% COD-2	0.00	20.72	40.84	59.16	77.18	77.46	77.76
% BOD-2	0.00	22.31	43.08	62.31	81.64	81.54	82.31
% K-3	0.00	13.80	26.13	41.87	65.87	67.00	68.00
% COD-3	0.00	15.46	30.52	44.98	70.08	70.48	70.48
% BOD-3	0.00	16.26	31.53	47.78	72.81	73.40	74.36
N-3 (penambahan nutrisi 100 : 10 : 1)							
	LAMA WAKTU AERASI						
	0 jam	2 jam	4 jam	6 jam	12 jam	18 jam	24 jam
% K-1	0.00	6.30	16.80	25.40	44.80	45.80	47.00
% COD-1	0.00	14.37	32.33	46.71	77.84	78.44	79.04
% BOD-1	0.00	17.91	32.64	47.76	80.60	80.60	82.08
% K-2	0.00	14.60	30.75	45.65	59.70	60.40	61.00
% COD-2	0.00	18.52	39.34	57.08	75.07	75.37	75.66
% BOD-2	0.00	20.00	40.00	56.46	76.82	77.69	77.69
% K-3	0.00	12.17	18.67	39.47	61.80	62.33	63.00
% COD-3	0.00	11.45	30.12	44.38	68.27	68.87	68.88
% BOD-3	0.00	14.78	29.06	43.35	67.49	68.97	68.46

Tabel 4.6 Perhitungan Removal Minyak dan COD pada Konsentrasi Konstan, pada Batch Proses.

Konsentrasi Minyak Konstan							
	LAMA WAKTU AERASI						
	0 jam	2 jam	4 jam	6 jam	12 jam	18 jam	24 jam
% K-3	0.00	13.50	29.20	41.70	70.50	70.80	71.50
% COD-1	0.00	20.68	39.76	56.63	79.32	79.32	79.72
% K-3	0.00	13.25	26.05	39.05	69.25	69.50	70.00
% COD-2	0.00	16.63	32.08	46.53	75.25	75.64	76.24
% K-3	0.00	12.50	26.40	38.90	65.90	68.70	68.00
% COD-3	0.00	15.90	31.01	44.93	70.38	70.97	71.77
Konsentrasi COD Konstan							
	LAMA WAKTU AERASI						
	0 jam	2 jam	4 jam	6 jam	12 jam	18 jam	24 jam
% K-1	0.00	10.07	21.17	30.57	48.60	49.30	50.00
% COD-3	0.00	10.00	21.18	30.00	50.00	50.59	52.35
% K-2	0.00	14.03	28.47	40.63	54.50	54.83	55.00
% COD-3	0.00	12.99	25.38	36.86	61.33	61.93	62.24
% K-3	0.00	12.50	26.40	38.90	65.90	68.70	68.00
% COD-3	0.00	15.90	31.01	44.93	70.38	70.97	71.77

Tabel 4.7 Perhitungan Removal Minyak, COD dan BOD pada Kondisi Steril, pada Batch Proses.

	LAMA WAKTU AERASI						
	0 jam	2 jam	4 jam	6 jam	12 jam	18 jam	24 jam
% K	0.00	0.00	0.37	1.00	2.10	2.30	3.00
% COD	0.00	0.00	1.82	3.64	6.06	7.27	7.88
% BOD	0.00	1.47	4.41	5.88	8.82	10.29	11.76

Tabel 4.8 Removal Minyak, COD dan BOD, pada Continuous Proses.

	R-1 (0.3)	R-2 (0.5)	R-3 (1.0)
% K-1	42.00	47.25	45.51
% COD-1	60.12	70.12	67.06
% BOD-1	70.77	80.60	73.53
% K-2	51.50	57.99	53.02
% COD-2	57.88	65.87	63.88
% BOD-2	67.67	78.12	71.11
% K-3	54.54	62.99	56.99
% COD-3	53.09	60.04	56.02
% BOD-3	60.10	69.76	63.13

IV.2 DATA HASIL PEWARNAAN GRAM PADA CONTINUOUS PROSES

Pewarnaan Gram yang dilakukan dengan menggunakan 3 sampel yang diambil dari lumpur pengolahan air buangan pada continuous proses, dimana mikroorganisme tersebut terlebih dahulu diisolasi pada 3 macam media pengaya, yaitu :

- Mac Conkey Agar
- Eosin Methilin Blue Agar
- Blood Agar Base

Data hasil analisa pewarnaan Gram seperti terlihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.9 Hasil analisa Pewarnaan Gram dari Continuous Proses.

Media Agar	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
Mac Conkey Agar	-	-	-
Eosin Methylene Blue Agar	-	-	-
Blood Agar Base	-	+	-

Keterangan :

- : Hasil pewarnaan Gram Negatif.
- + : Hasil pewarnaan Gram Positif.

BAB V

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Dari data yang diperoleh pada bab IV, dihasilkan hubungan antar variabel penelitian seperti terlihat dari grafik-grafik yang akan dianalisa pada sub bab berikut ini.

V.1 HUBUNGAN LAMA WAKTU AERASI TERHADAP KONSENTRASI MINYAK, COD DAN BOD.

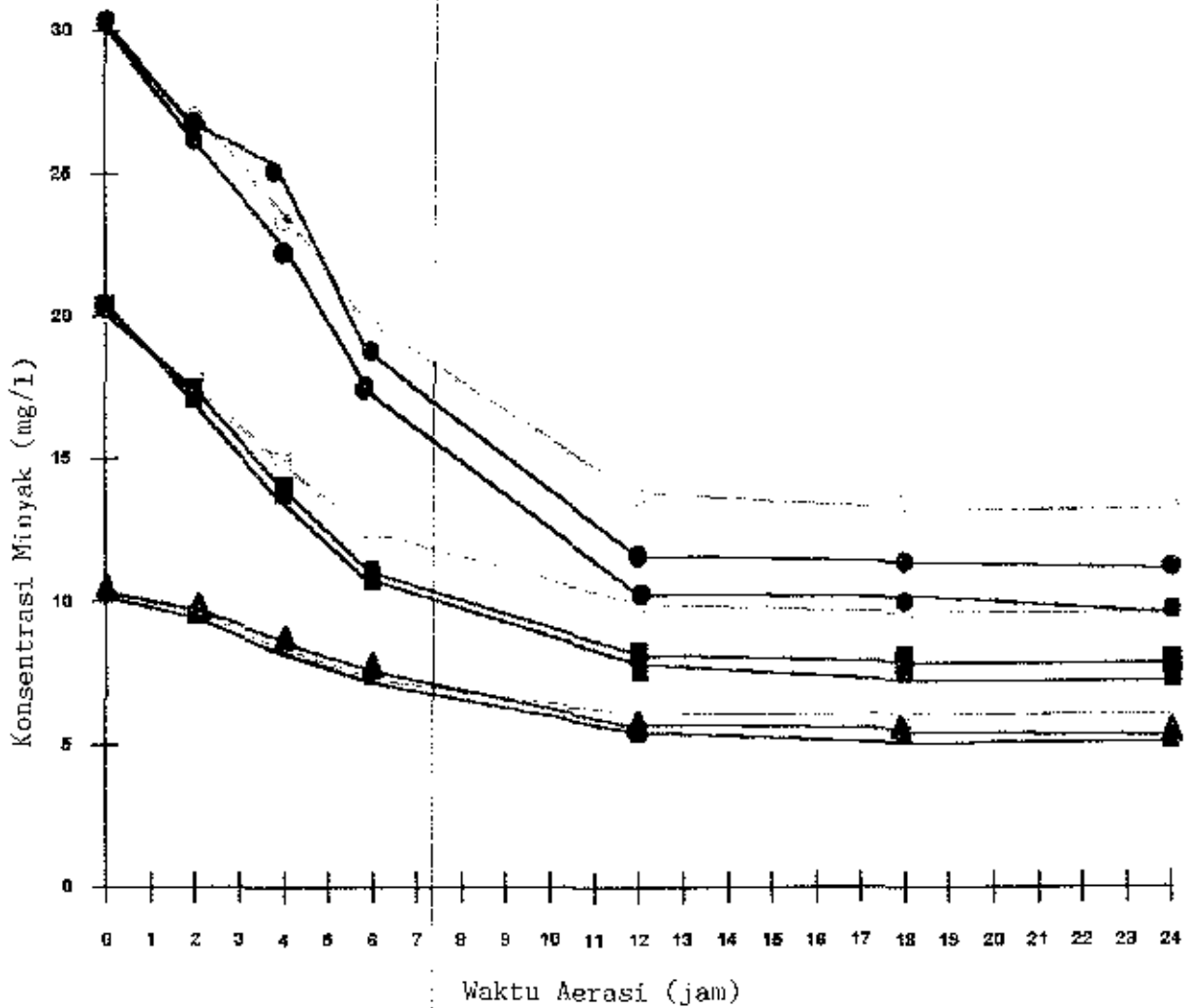
Pengaruh lamanya waktu aerasi (detention time) terhadap konsentrasi minyak, COD dan BOD, dengan variabel konsentrasi minyak dan penambahan nutrien, yang diperoleh dari data batch proses, dapat dilihat pada Gambar 5.1 sampai dengan Gambar 5.3.

Gambar 5.1 menggambarkan pengaruh lamanya waktu aerasi (detention time) terhadap konsentrasi minyak, sedang gambar 5.2 dan gambar 5.3 menggambarkan pengaruh lamanya waktu aerasi terhadap konsentrasi COD dan BOD.

Dari gambar tersebut terlihat bahwa lamanya waktu aerasi (detention time) yang efektif untuk biodegradasi

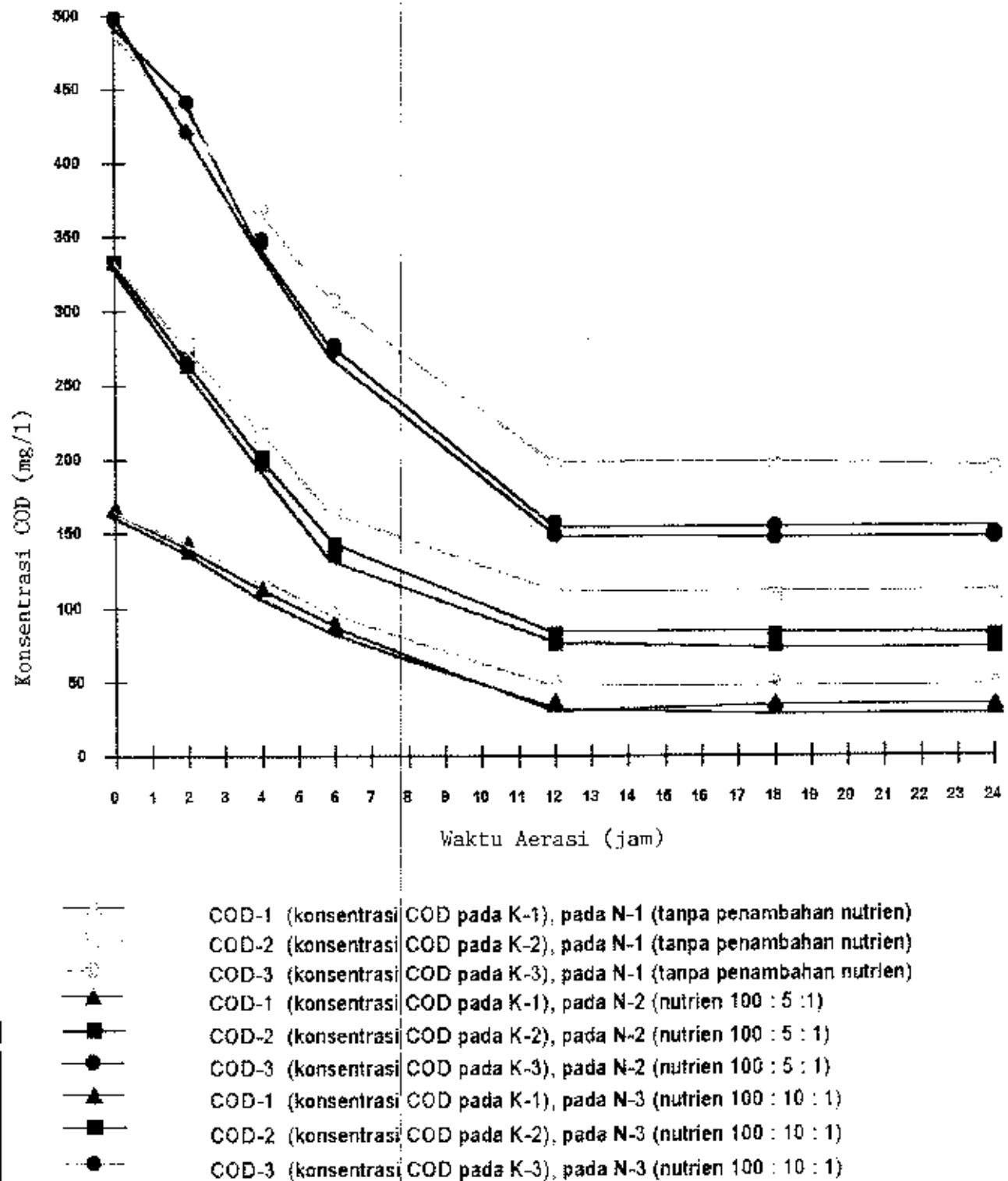
adalah berkisar antara 12 - 15 jam. Setelah waktu aerasi 12 - 15 jam penurunan konsentrasi baik untuk minyak, COD maupun BOD relatif kecil. Hal ini terjadi untuk semua variasi penambahan nutrien (N-1 = tanpa penambahan nutrien, N-2 = penambahan nutrien 100 : 5 : 1 , N-3 = 100 : 10 : 1).

Waktu aerasi yang relatif lama tersebut, disebabkan karena pada umumnya minyak sebagian besar tidak larut dalam air, dimana minyak yang sukar larut dalam air lebih sulit untuk didegradasi. Hal ini berdasarkan penelitian ZoBell dan Beerstecher, bahan hidrokarbon yang sukar larut dalam air akan lebih sulit dipecahkan oleh mikroorganisme. Pada penelitian ini sebagai sampel digunakan air buangan kilang minyak dimana di dalam air buangan tersebut terkandung minyak, dimana minyak dalam air buangan ini sebagian besar juga tidak larut dalam air buangan. Sehingga minyak yang terkandung dalam air buangan tersebut sulit didegradasi oleh mikroorganisme, dengan demikian dibutuhkan waktu yang relatif lama (dalam penelitian ini antara 12-15 jam).

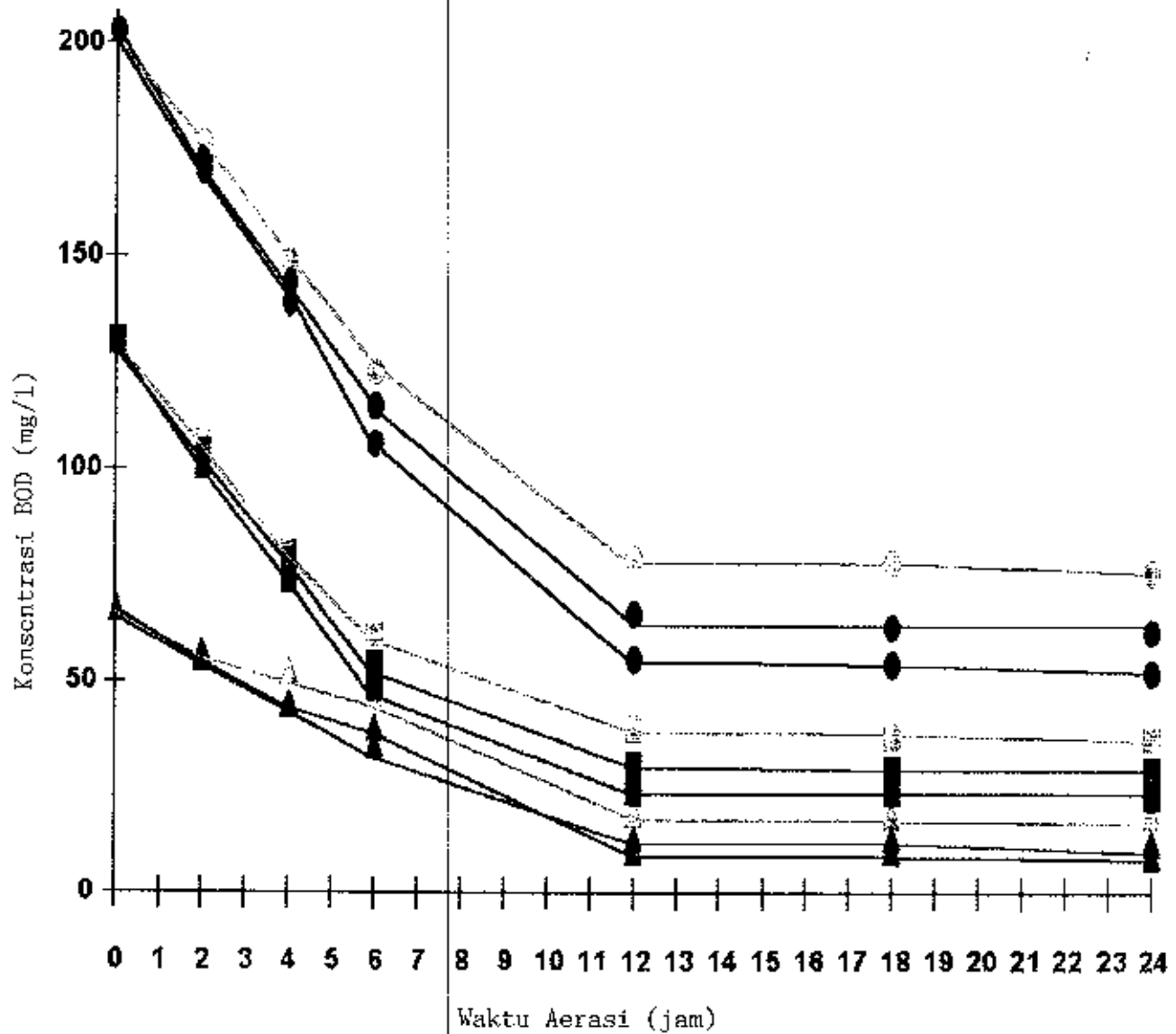


- ▲ K-1 (konsentrasi minyak 10 mg/l), pada N-1 (tanpa penambahan nutrisi)
- K-2 (konsentrasi minyak 20 mg/l), pada N-1 (tanpa penambahan nutrisi)
- K-3 (konsentrasi minyak 30 mg/l), pada N-1 (tanpa penambahan nutrisi)
- ▲ K-1 (konsentrasi minyak 10 mg/l), pada N-2 (nutrien 100 : 5 : 1)
- K-2 (konsentrasi minyak 20 mg/l), pada N-2 (nutrien 100 : 5 : 1)
- K-3 (konsentrasi minyak 30 mg/l), pada N-2 (nutrien 100 : 5 : 1)
- ▲ K-1 (konsentrasi minyak 10 mg/l), pada N-3 (nutrien 100 : 10 : 1)
- K-2 (konsentrasi minyak 20 mg/l), pada N-3 (nutrien 100 : 10 : 1)
- K-3 (konsentrasi minyak 30 mg/l), pada N-3 (nutrien 100 : 10 : 1)

Gambar 5.1 Hubungan Konsentrasi Minyak dengan Waktu Aerasi pada Batch Proses dengan Variasi Nutrien



Gambar 5.2 Hubungan Konsentrasi COD dengan Waktu Aerasi pada Batch Proses dengan Variasi Nutrien



- BOD-1 (konsentrasi BOD pada K-1), pada N-1 (tanpa penambahan nutrisi)
- BOD-2 (konsentrasi BOD pada K-2), pada N-1 (tanpa penambahan nutrisi)
- △— BOD-3 (konsentrasi BOD pada K-3), pada N-1 (tanpa penambahan nutrisi)
- ▲— BOD-1 (konsentrasi BOD pada K-1), pada N-2 (nutrien 100 : 5 : 1)
- BOD-2 (konsentrasi BOD pada K-2), pada N-2 (nutrien 100 : 5 : 1)
- BOD-3 (konsentrasi BOD pada K-3), pada N-2 (nutrien 100 : 5 : 1)
- ▲— BOD-1 (konsentrasi BOD pada K-1), pada N-3 (nutrien 100 : 10 : 1)
- BOD-2 (konsentrasi BOD pada K-2), pada N-3 (nutrien 100 : 10 : 1)
- BOD-3 (konsentrasi BOD pada K-3), pada N-3 (nutrien 100 : 10 : 1)

Gambar 5.3 Hubungan Konsentrasi BOD dengan Waktu Aerasi pada Batch Proses dengan Variasi Nutrien

V.2 HUBUNGAN KONSENTRASI MINYAK DAN PENAMBAHAN NUTRIEN TERHADAP EFISIENSI REMOVAL.

Pengaruh konsentrasi minyak dan penambahan nutrisi terhadap efisiensi removal minyak, COD dan BOD yang diperoleh dari data batch process, dapat dilihat pada Gambar 5.4 dan Gambar 5.5. Dari Gambar 5.4 menggambarkan pengaruh konsentrasi minyak, COD dan BOD terhadap efisiensi removal. Efisiensi removal untuk minyak dicapai pada konsentrasi minyak K-3 (± 30 mg/l), sedangkan efisiensi removal COD dan BOD tertinggi pada COD-1 dan BOD-1.

Mikroorganisme yang digunakan berasal dari tanah lumpur yang diambil dari reaktor separator (interseptor) dan tanah sekitar saluran pembuangan. Tanah lumpur tersebut sering/selalu terkena air buangan kilang yang mengandung minyak, sehingga mikroorganisme yang terdapat dalam tanah lumpur tersebut sudah cukup teradaptasi dengan lingkungan minyak bumi.

Hanya mikroorganisme yang dapat beradaptasi dengan lingkungan minyak yang dapat melakukan biodegradasi terhadap minyak. Mikroorganisme pemecah minyak membiodegradasi minyak dengan jalan memotong-motong rantai panjang hidrokarbon menjadi lebih pendek, sehingga dapat dioksidasi oleh

mikroorganisme dan hidrokarbon tersebut digunakan untuk pertumbuhannya (Beerstecher dan Fuhs).

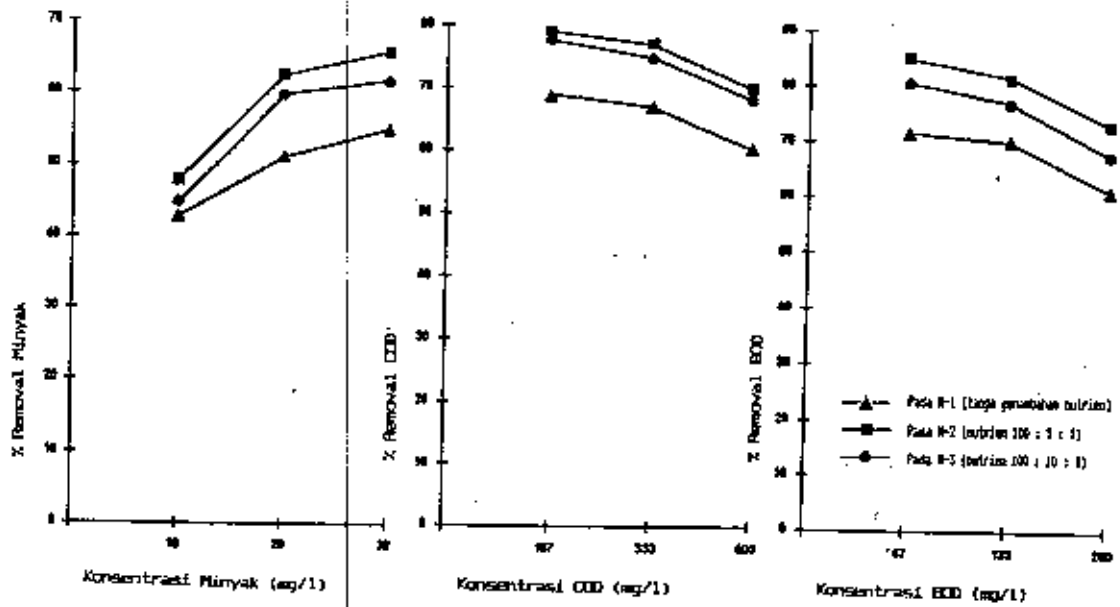
Sesuai dengan pernyataan tersebut, maka mikroorganisme yang digunakan pada penelitian ini akan cenderung lebih suka mengonsumsi unsur karbon yang berasal dari hidrokarbon minyak dibandingkan dengan unsur karbon yang berasal dari zat organik lainnya.

Bertambahnya konsentrasi minyak menyebabkan kenaikan efisiensi removal minyak, sebaliknya bertambahnya konsentrasi COD dan BOD menyebabkan penurunan efisiensi removal COD dan BOD. Hal ini berkaitan dengan jenis mikroorganisme dan jenis air buangan yang digunakan pada penelitian ini, dimana mikroorganisme yang digunakan adalah mikroorganisme yang telah teradaptasi dengan lingkungan minyak dan air buangan yang digunakan adalah air buangan yang mengandung minyak. Sehingga mikroorganisme yang ada adalah mikroorganisme pemecah minyak, yaitu mikroorganisme yang lebih menyukai unsur karbon yang berasal dari hidrokarbon minyak dibandingkan dengan unsur karbon yang berasal dari zat organik lainnya atau dengan kata lain kebutuhan unsur karbonnya sebagian besar diperoleh dari minyak dan hanya sebagian kecil dari zat organik lainnya.

Pada konsentrasi minyak K-1 (± 10 mg/l) mempunyai

menyebabkan menurunnya efisiensi removal. terhadap zat organik bukan minyak menjadi lebih kecil dan dimbangi dengan reduksi zat organik ini menyebabkan removal bukan minyak juga kecil. Kenaikkan zat organik yang tidak mikroorganisme relatif kecil, sehingga reduksi zat organik karbon dari zat organik bukan minyak yang digunakan oleh zat organik dalam air buangan tersebut. Sementara itu unsur konsentrasi COD dan BOD, berarti semakin besar konsentrasi (konsentrasi COD dan BOD pada K-3), disebabkan semakin besar efisiensi removal yang lebih tinggi dari COD-3 dan BOD-3 dan BOD-1 (konsentrasi COD dan BOD pada K-1) mempunyai Sebaliknya efisiensi removal COD dan BOD pada COD-1 menyebabkan menurunnya efisiensi removal.

mengakibatkan berkurangnya kemampuan mikroorganisme sehingga perkembangan mikroorganisme tidak maksimal. kondisi ini pecah minyak. keadaan ini menyebabkan pertumbuhan dan yang tersedia untuk memenuhi kebutuhan mikroorganisme konsentrasi minyak semakin kecil juga jumlah unsur karbon minyak K-3 ($\pm 30 \text{ mg/l}$), disebabkan karena semakin kecil efisiensi removal minyak yang lebih rendah dari konsentrasi



Gambar 5.4 Hubungan Removal Minyak, COD dan BOD dengan Konsentrasi Minyak, COD dan BOD pada Batch Proses

Dari Gambar 5.5 menggambarkan pengaruh penambahan nutrisi terhadap efisiensi removal minyak, COD dan BOD. Efisiensi removal tertinggi baik untuk minyak, COD maupun BOD dicapai pada penambahan nutrisi dengan perbandingan 100 : 5 : 1, kemudian diikuti dengan penambahan nutrisi 100 : 10 : 1 dan tanpa penambahan nutrisi.

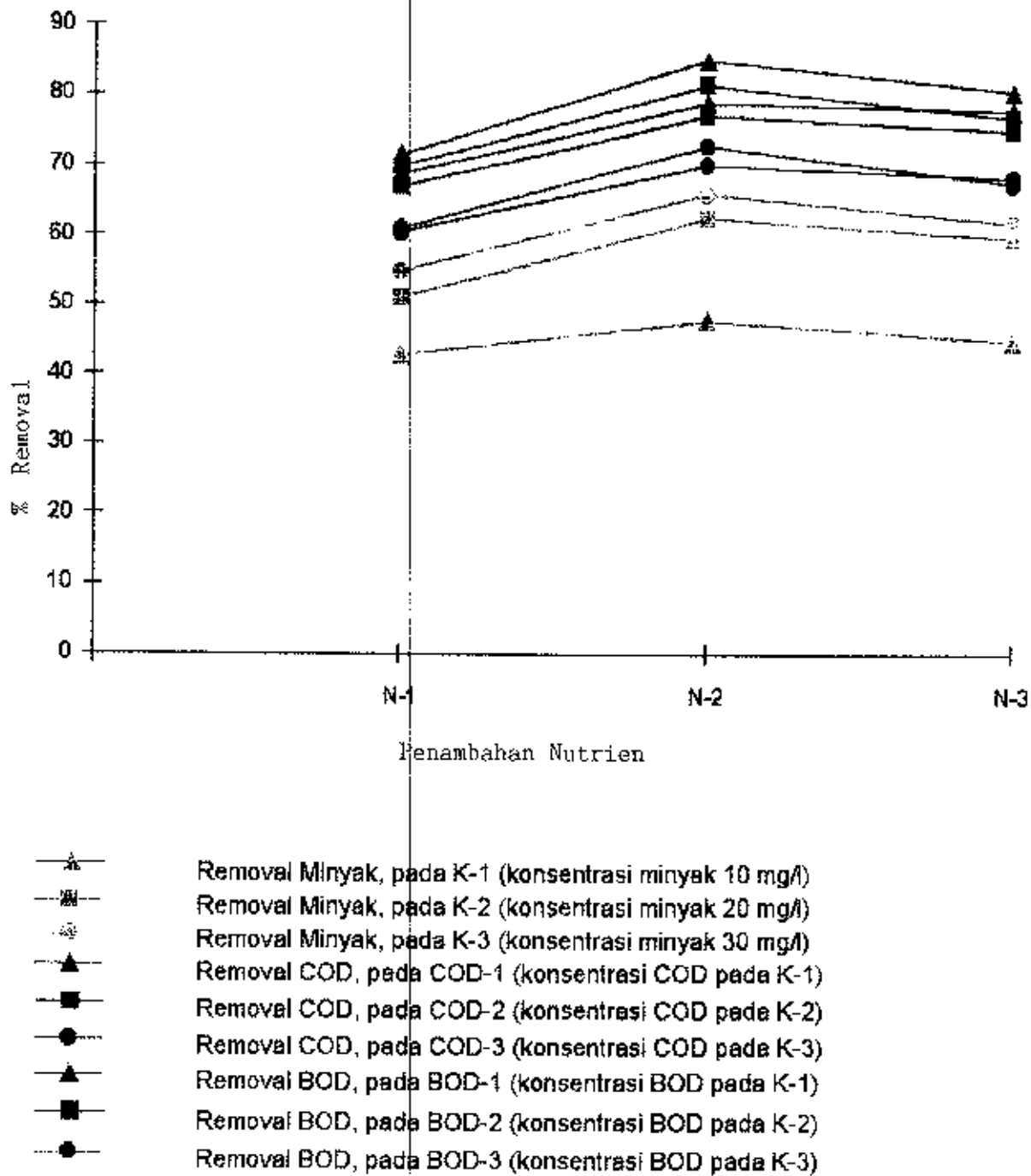
Pada kondisi tanpa penambahan nutrisi menghasilkan efisiensi removal yang lebih rendah dari pada kondisi dengan penambahan nutrisi. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Le Petit dan Barthelemy yang menunjukkan bahwa minyak akan lebih mudah terbiodegradasi bila pada lingkungan tempat pertumbuhan mikroba ditambahkan nutrisi, disebabkan baik senyawa yang mengandung nitrogen maupun phosphor pada umumnya sangat sedikit terkandung dalam air buangan kilang minyak.

Dengan terbatasnya nutrisi yang tersedia, dapat diharapkan menghasilkan frekuensi yang lebih besar pada kematian daripada terjadinya pertumbuhan populasi sel yang aktif (Gaudy Anthony F.), sehingga dengan sendirinya efisiensi removal akan lebih rendah.

Penambahan nutrisi dengan perbandingan 100 : 10 : 1 menghasilkan efisiensi removal yang tidak lebih baik dibandingkan dengan penambahan nutrisi 100 : 5 : 1. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Mulkin-Philips dan Stewart,

biodegradasi minyak antara lain dipengaruhi oleh konsentrasi unsur Phosphor dan konsentrasi unsur Nitrogen dapat berpengaruh pada rate pertumbuhan.

Semakin besar nilai perbandingan untuk unsur N berarti penambahan konsentrasi unsur N makin besar atau dapat juga berarti konsentrasi unsur P makin kecil. Kondisi ini mengakibatkan kemungkinan meningkatnya rate pertumbuhan akan tetapi tingkat biodegradasi menurun. Hal ini menyebabkan kemampuan mikroorganisme menurun, sehingga efisiensi removal juga turun.



Gambar 5.5 Hubungan Removal Minyak, COD dan BOD dengan Penambahan Nutrien pada Batch Proses

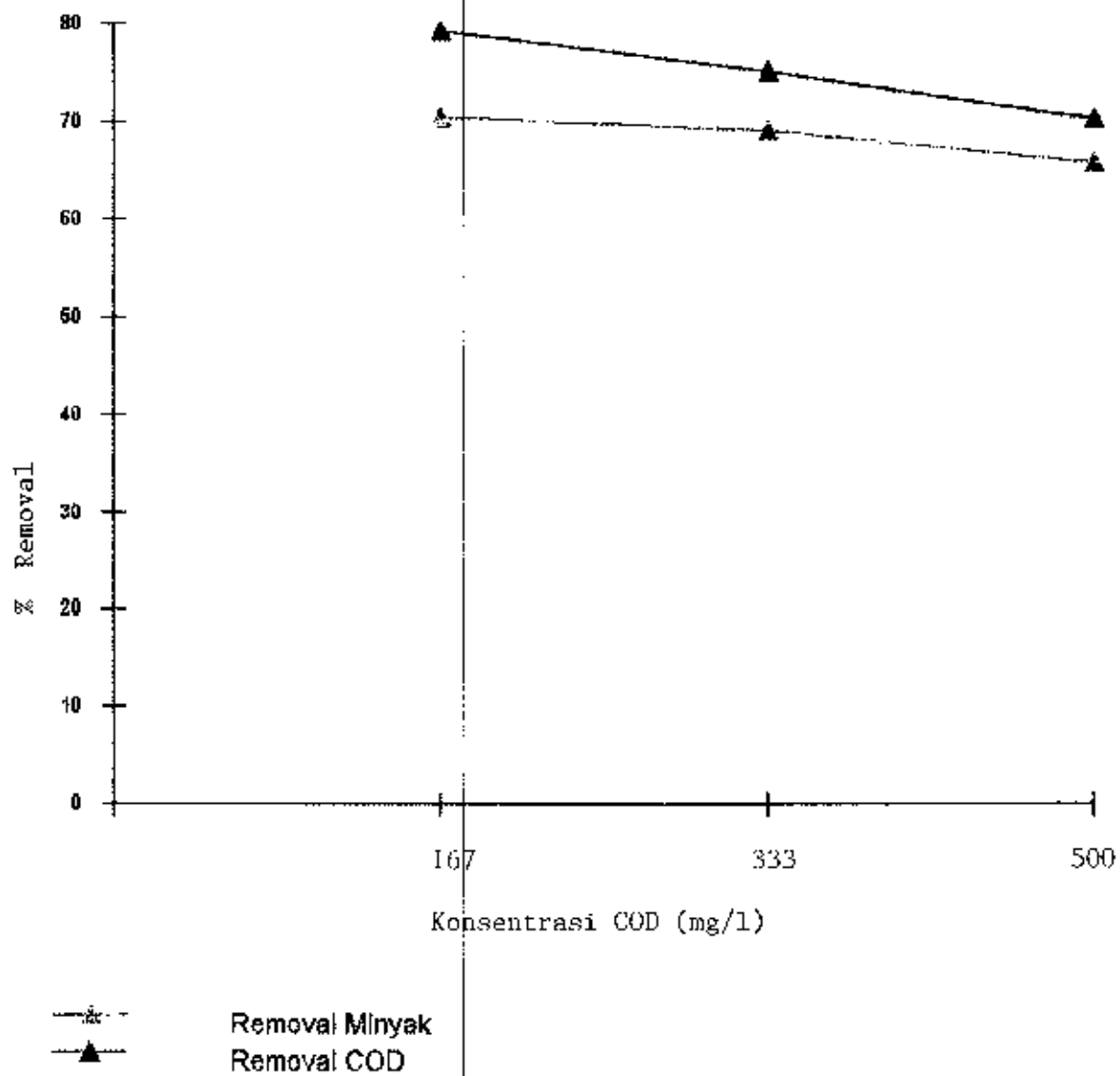
V.3 HUBUNGAN EFISIENSI REMOVAL PADA KONSENTRASI MINYAK KONSTAN DAN KONSENTRASI COD KONSTAN

Pengaruh perubahan konsentrasi COD pada konsentrasi minyak konstan ($K-3 = \pm 30 \text{ mg/l}$) terhadap removal minyak dan COD, dapat dilihat pada Gambar 5.6. Percobaan ini dilakukan pada batch process dengan penambahan nutrisi N-2 (100 : 5 : 1).

Dari gambar tersebut pada konsentrasi minyak konstan bertambahnya konsentrasi COD mengakibatkan terjadinya penurunan efisiensi removal. Efisiensi removal tertinggi dicapai pada konsentrasi COD-1 ($\pm 167 \text{ mg/l}$).

Pada konsentrasi minyak konstan, bertambahnya konsentrasi COD berarti meningkatnya konsentrasi zat organik bukan minyak yang terkandung dalam air buangan.

Sehingga menyebabkan loading (beban) yang diterima menjadi lebih besar dan mengakibatkan menurunnya efisiensi removal baik untuk minyak maupun COD, karena kemungkinan beban yang diterima melebihi batas kemampuan mikroorganisme untuk meremove. Hal ini sesuai dengan sifat mikroorganisme, dimana setiap spesies yang berbeda dari mikroorganisme masing-masing mempunyai kemampuan metabolisme dan kebutuhan makanan yang tertentu untuk pertumbuhan dan berkembangbiakan.



Gambar 5.6 Hubungan Removal Minyak dan COD dengan Konsentrasi COD pada Batch Proses dengan Konsentrasi Minyak Konstan

Pengaruh perubahan konsentrasi minyak pada konsentrasi COD konstan (COD-3 = konsentrasi COD pada K-3) terhadap efisiensi removal minyak dan COD, dapat dilihat pada gambar 5.7. Percobaan ini dilakukan pada batch proses dengan penambahan nutrisi N-2 (100 : 5 : 1).

Dari gambar tersebut pada konsentrasi COD konstan, bertambahnya konsentrasi minyak mengakibatkan kenaikan efisiensi removal baik untuk minyak maupun COD. Efisiensi removal tertinggi dicapai pada konsentrasi K-3 (± 30 mg/l).

Pada konsentrasi COD konstan, bertambahnya konsentrasi minyak menyebabkan meningkatnya hidrokarbon minyak yang terkandung dalam air buangan. Sehingga menyebabkan meningkatnya aktivitas mikroorganisme, mengingat mikroorganisme tersebut merupakan golongan mikroorganisme pemecah minyak. Hal ini akan menyebabkan meningkatnya kebutuhan mikroorganisme terhadap makanan terutama unsur karbon.

Meningkatnya kebutuhan makanan dari mikroorganisme, menyebabkan degradasi minyak meningkat demikian juga reduksi zat organik bukan minyak juga meningkat. Hal ini menyebabkan peningkatan efisiensi removal terhadap minyak dan zat organik bukan minyak.

V.4 EFISIENSI REMOVAL PADA KONDISI STERIL

Percobaan dengan kondisi steril dilakukan pada batch proses dengan konsentrasi minyak K-1 (± 10 mg/l) dan tanpa penambahan nutrisi. Selain kondisi yang dijaga agar steril, perlakuan lainnya sama seperti pada percobaan yang telah dilakukan pada kondisi tidak steril.

Hubungan antara removal minyak, removal COD dan removal BOD dengan lamanya waktu aerasi (detention time), dapat dilihat pada gambar 5.8.

Dari gambar tersebut terlihat bahwa setelah diaerasi selama 24 jam kenaikan efisiensi removal tidak lebih dari 12%, baik untuk minyak, COD maupun BOD. Bila dibandingkan dengan kondisi tidak steril angka removal ini berbeda jauh sekali.

Pada kondisi tidak steril menghasilkan efisiensi removal yang lebih baik, disebabkan pada lumpur aktif yang ditambahkan terdapat sejumlah mikroorganisme yang sangat besar. Lumpur aktif tersebut sudah dikondisikan untuk air buangan kilang minyak, dimana populasi mikroorganisme sudah cukup banyak dan sudah teradaptasi dengan lingkungan minyak, sehingga mikroorganisme tersebut sudah siap untuk meremove polutan yang ada, terutama minyak.

Pada kondisi steril hanya menghasilkan efisiensi removal yang relatif kecil, disebabkan removal terhadap minyak, COD dan BOD hanya dilakukan oleh mikroorganisme yang terdapat dalam air buangan saja. Lumpur aktif yang ditambahkan sudah disterilkan terlebih dahulu, sehingga dapat diharapkan bahwa mikroorganisme yang ada dalam lumpur tersebut sudah mati. Dan aerasi dilakukan pada kondisi steril, sehingga mikroorganisme yang ada di udara tidak dapat masuk. Mikroorganisme yang ada dalam air buangan tersebut masih dalam kondisi asli, sehingga mikroorganisme belum siap untuk meremove polutan yang ada terutama minyak.

Hal ini membuktikan bahwa removal polutan yang ada dalam air buangan benar-benar dilakukan oleh mikroorganisme yang ditambahkan melalui lumpur aktif, ini berarti bahwa degradasi minyak dalam air buangan dilakukan oleh mikroorganisme.

V.5 HUBUNGAN RESIRKULASI SLUDGE TERHADAP EFISIENSI REMOVAL

Pengaruh resirkulasi sludge terhadap efisiensi pengurangan kandungan minyak, COD dan BOD dapat dilihat pada gambar V-11. Efisiensi removal yang maksimum baik untuk minyak, COD dan BOD dicapai pada resirkulasi sludge (Q_r/Q_i) 0,5 , kemudian diikuti resirkulasi sludge 1,0 dan 0,3. Efisiensi maksimum pada resirkulasi 0,5 untuk minyak sebesar 62,99% , COD 70,12% dan untuk BOD sebesar 80,60%.

Resirkulasi sludge pada activated sludge mempunyai tujuan untuk mempertahankan konsentrasi 'solid biological aktif' yang ada dalam tangki aerasi, sehingga mikroorganisme yang mengoksidasi organik dalam jumlah yang mencukupi maka efisiensi pengolahan yang diharapkan dapat tercapai. Semakin besar rasio resirkulasi akan semakin besar pula konsentrasi mikroorganisme dalam tangki aerasi.

Rasio resirkulasi 0,3 mempunyai efisiensi removal yang lebih rendah dibandingkan untuk rasio resirkulasi 0,5. Pada rasio resirkulasi 0,3, jumlah flok mikroorganisme yang diresirkulasi relatif lebih sedikit dibandingkan pada rasio resirkulasi 0,5, sehingga konsentrasi 'solid biological aktif' dalam tangki aerasi lebih rendah. Hal ini menyebabkan

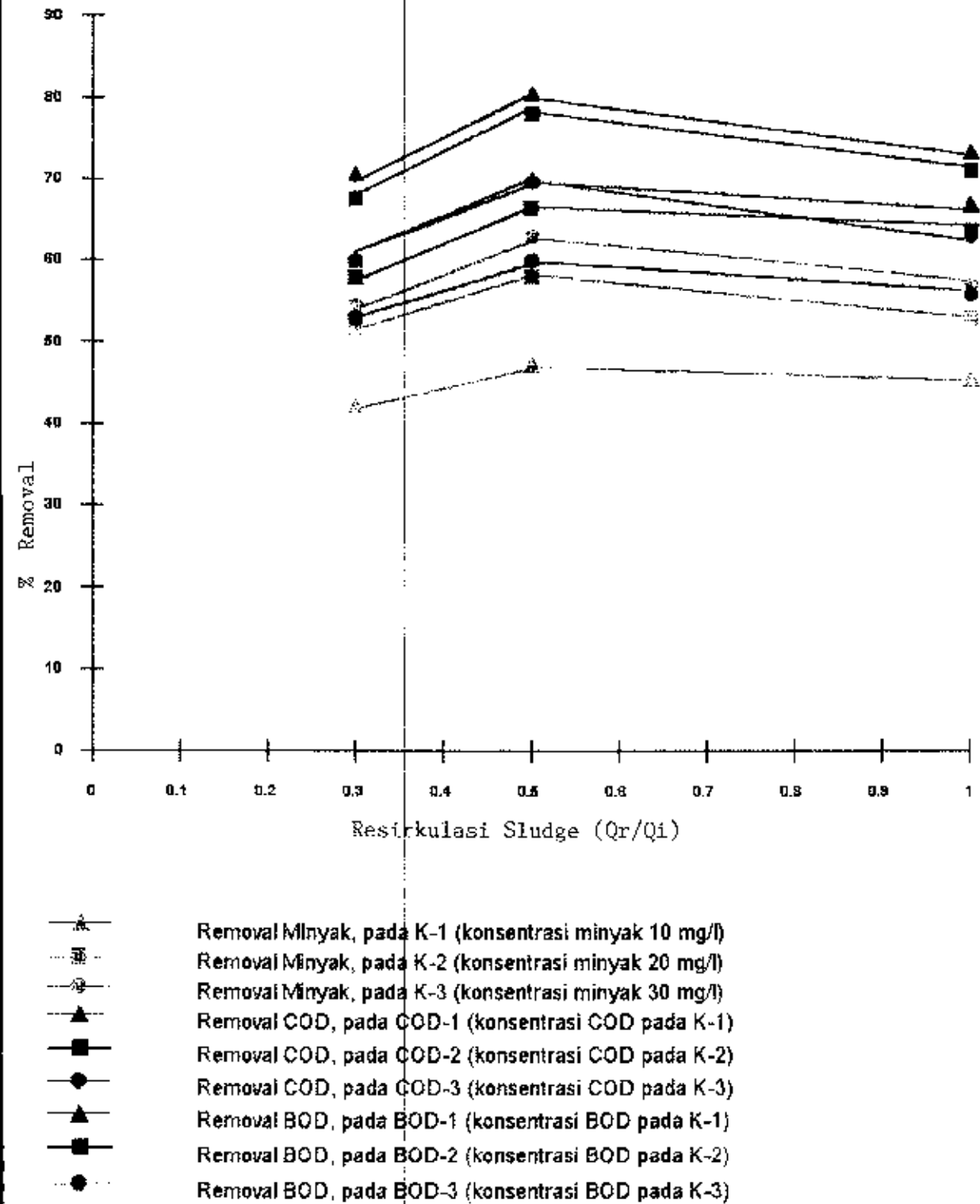
konsentrasi mikroorganisme tidak sebanding dengan konsentrasi zat organik dalam influen air buangan menyebabkan beban (loading) yang diterima per satuan mikroorganisme menjadi lebih besar dan memungkinkan beban yang diterima melebihi batas kemampuan mikroorganisme dalam meremove polutan yang ada, sehingga mengakibatkan menurunnya efisiensi removal. Hal ini sesuai dengan sifat mikroorganisme, dimana setiap spesies yang berbeda dari mikroorganisme masing-masing mempunyai kemampuan metabolisme dan kebutuhan makanan yang berbeda untuk tumbuh dan berkembang.

Rasio resirkulasi 1,0 juga mempunyai efisiensi removal yang lebih rendah dibandingkan untuk rasio resirkulasi 0,5. Pada rasio resirkulasi 1,0 akan menghasilkan konsentrasi 'solid biological aktif' dalam tangki aerasi jauh lebih tinggi dibandingkan pada rasio resirkulasi 0,5. Hal ini menyebabkan perbandingan antara zat organik dan mikroorganisme menjadi lebih kecil. Dengan konsentrasi zat organik yang rendah akan menyebabkan terjadinya degradasi endogeneus, yaitu sel mikroorganisme dapat melepas kandungan selularnya untuk mencukupi kebutuhan substrat yang kemudian digunakan oleh mikroorganisme lain. Kondisi ini menyebabkan pertumbuhan dan perkembangbiakan mikroorganisme tidak dapat berlangsung dengan baik, sehingga fase pertumbuhan

mikroorganisme tidak mencapai maksimum dan mengakibatkan berkurangnya kemampuan mikroorganisme dalam meremove polutan yang terkandung dalam air buangan dan menyebabkan terjadinya penurunan efisiensi removal. Hal ini sesuai dengan pernyataan Gaudy, Anthony F bahwa pada banyak instalasi pengolahan biologis dengan suplai makanan terbatas untuk populasi yang padat, dapat diharapkan menghasilkan frekuensi yang lebih besar pada kematian daripada terjadinya pertumbuhan populasi sel yang aktif.

Dari gambar tersebut juga diperoleh hubungan antara efisiensi removal dan konsentrasi baik untuk minyak, COD maupun BOD dari continous proses. Efisiensi removal tertinggi untuk minyak dicapai pada konsentrasi minyak K-3 (± 30 mg/l), sedangkan untuk COD dan BOD dicapai pada COD-1 (konsentrasi COD pada K-1) dan BOD-1 (konsentrasi BOD pada K-1). Hal ini bersesuaian dengan hasil percobaan pada batch proses, yaitu trend kecenderungan yang diperoleh adalah sama, perbedaan terletak pada nilai efisiensi removal, dimana nilai efisiensi removal pada batch proses relatif lebih tinggi dibandingkan pada continous proses. Kondisi ini dapat dimengerti/ dibenarkan karena pada batch proses dapat menghasilkan proses agitasi yang relatif lebih sempurna, karena tidak dipengaruhi oleh adanya pengaruh aliran air buangan sebagaimana pada

continous proses, sehingga kontak antara air buangan dengan 'biological solid aktif' dalam reaktor dapat berlangsung lebih merata/sempurna.



Gambar 5.9 Hubungan Removal Minyak, COD dan BOD dengan Resirkulasi Sludge Pada Continous Proses

V.6 HASIL PEWARNAAN GRAM

Berdasarkan hasil analisa test pewarnaan pada Tabel 4.15, setelah 3 sampel mikroorganisme (yang terdapat dalam lumpur pengolahan air buangan kilang minyak) diisolasi masing-masing pada 3 media pengaya yang berbeda, hasil test pewarnaan menunjukkan bahwa 8 dari 9 kali pewarnaan adalah merupakan Gram Negatif.

Tiga sampel yang diisolasi pada media Mac Conkey Agar dan Eosin Methylin Blue Agar merupakan Gram Negatif, sedang 1 sampel yang diisolasi pada media Blood Agar Base menghasilkan Gram Positif dan 2 sampel lainnya menunjukkan Gram Negatif.

Menurut Davis dan Raymond, mikroorganisme golongan *Pseudomonas*, *Nocardia* dan *Mycobacterium* dapat mengkonversi parafinik, naften dan aromatik hidrokarbon, sehingga aktivitas mikroorganisme tersebut dapat digunakan untuk penanganan air buangan yang mengandung minyak.

Mac Conkey Agar merupakan media untuk mendeteksi dan mengisolasi bakteri Gram Negatif terutama golongan *Salmonella*, *Shigella* dan *Proteus* serta *Pseudomonas* dan *Alkaligenes*. Eosin Methylin Blue Agar merupakan media yang selektif terhadap organisme Gram Negatif, karena zat warnanya melancarkan efek bakteriostatik terhadap Gram Positif.

Blood Agar Base merupakan media yang digunakan untuk membakkan bakteri Gram Positif, meskipun begitu ada golongan bakteri Gram Negatif yang juga dapat tumbuh misalnya Pseudomonas dan Escherichia coli.

Menurut N. D. Ierusalimski, mikroorganisme dengan kandungan lipid yang relatif tinggi pada dinding selnya dapat melarutkan hidrokarbon pada membran sel, akan mempunyai efisiensi tinggi dalam mengkonversi parafinik hidrokarbon. Disamping itu mikroorganisme jenis ini lebih menyukai lingkungan yang kaya akan lemak (minyak) karena kebutuhannya akan lemak.

Berdasarkan kenyataan - kenyataan diatas bahwa mikroorganisme yang ada dalam lumpur pengolahan air buangan adalah mikroorganisme dari golongan Gram Negatif, yang lebih menyukai lingkungan minyak sebagai tempat pertumbuhannya dan dapat hidup dalam media Blood Agar Base yang diperuntukkan untuk bakteri Gram Positif dan hanya bakteri Gram Negatif tertentu, maka dapat diambil kesimpulan pendekatan bahwa mikroorganisme yang dapat melakukan biodegradasi terhadap minyak adalah dari golongan Pseudomonas dan sejenisnya, dimana hal ini sesuai dengan apa yang dinyatakan oleh Davis dan Raymond.

V.7 RASIO BOD/COD

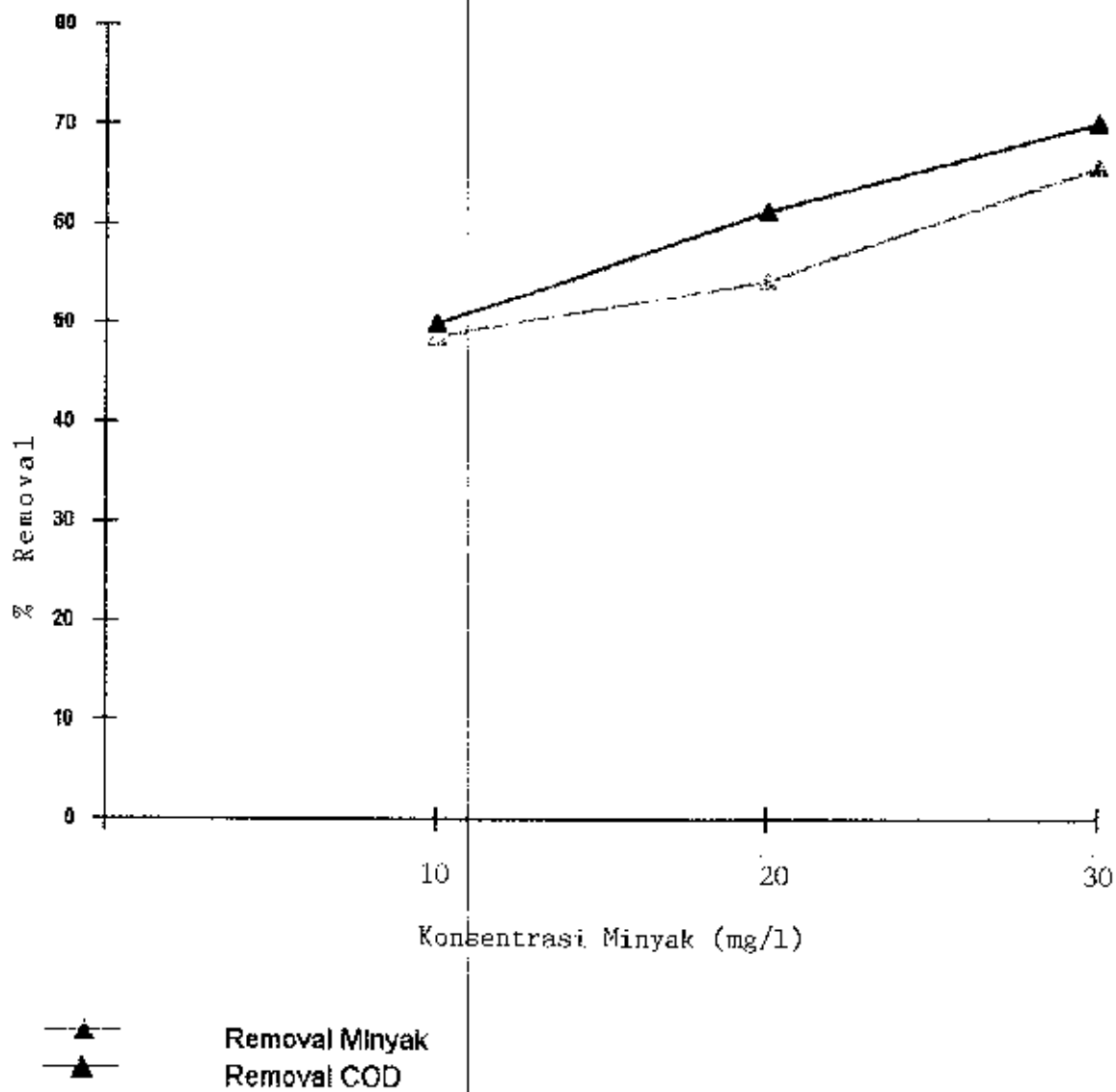
Dari hasil perhitungan (dalam lampiran) dari data-data pengukuran selama praktikum didapatkan rasio BOD/COD untuk air buangan kilang minyak yang diolah ini antara 0,38 sampai 0,42 dimana frekuensi terbesar pada nilai rasio 0,4.

Bila dibandingkan dengan air buangan lain misalnya Domestic Sewage (air buangan rumah tangga) mempunyai perbandingan BOD/COD 0,60. Pada air buangan domestik perbandingan BOD/COD mempunyai nilai yang relatif lebih besar, karena dalam air buangan domestik banyak terdapat bahan organik biodegradabel dan sedikit bahan organik non biodegradabel. Sedang pada Tannery Waste Water (air buangan industri penyamakan kulit) sebesar 0,10. Pada air buangan penyamakan kulit mempunyai nilai perbandingan BOD/COD yang relatif kecil, karena dalam air buangan ini kandungan bahan organik biodegradabel sangat sedikit dan kandungan bahan organik non biodegradabel relatif tinggi. Kandungan organik non biodegradabel ini kebanyakan berasal dari penambahan zat-zat kimia yang ditambahkan selama proses penyamakan kulit berlangsung (Biotechnological Processes in Environmental Technology, Verstraete).

Pada air buangan kilang minyak nilai perbandingan

BOD/COD sebesar 0,40. Hal ini menandakan bahwa kandungan organik non biodegradabel lebih besar daripada organik biodegradabel. Meskipun minyak mentah adalah senyawa organik yang komposisi unsur penyusunnya sebagian besar adalah senyawa organik biodegradabel dan sedikit organik non biodegradabel, tetapi penambahan bahan-bahan kimia selama proses pengilangan akan menyebabkan meningkatnya kandungan organik non biodegradabel. Bahan-bahan kimia yang ditambahkan selama proses pengilangan minyak sangat banyak jenis dan jumlahnya tergantung dari jenis minyak mentah dan kebutuhan minyak yang akan diproduksi. Sebagai contoh penambahan zat additive bertujuan untuk menaikkan mutu bahan bakar yang dihasilkan.

Berdasarkan nilai rasio yang relatif konstan sebesar 0.4, maka dalam pengoperasian dan monitoring proses di reaktor activated sludge bisa dilakukan pengukuran salah satu parameter saja BOD atau COD. Jika ingin cepat lebih baik pakai COD, dan nilai BOD dihitung dari nilai COD. Jika ingin murah lebih baik pakai BOD, dan nilai COD dihitung dari nilai BOD.



Gambar 5.7 Hubungan Removal minyak dan COD dengan Konsentrasi Minyak pada Batch Proses dengan Konsentrasi COD Konstan

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

VI.1 KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada Batch Proses dan Continous Proses untuk air buangan kilang minyak, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada Batch Proses dengan melakukan variasi terhadap konsentrasi minyak dan penambahan nutrisi yang dianalisa tiap waktu selama 24 jam. Kondisi pengoperasian yang menghasilkan efisiensi removal maksimum terhadap minyak (65,97 %) adalah :
 - waktu biodegradasi efektif antara 12-15 jam.
 - penambahan nutrisi dengan perbandingan 100 : 5 : 1.
 - konsentrasi minyak \pm 30 mg/l.
2. Pada continous proses dengan melakukan variasi terhadap konsentrasi minyak dan rasio resirkulasi sludge yang dianalisa pada kondisi steady state, kondisi pengoperasian yang menghasilkan efisiensi removal maksimum terhadap minyak (62,99 %) adalah :

- resirkulasi sludge 0,5 (Q_r/Q_i).
 - konsentrasi minyak ± 30 mg/l.
3. Efisiensi removal COD dan BOD maksimum (pada batch proses sebesar 79,04% dan 85,07%, sedang pada continous proses sebesar 70,12% dan 80,60%) dicapai pada konsentrasi minyak 10 mg/l. Tetapi pada konsentrasi minyak 30 mg/l (konsentrasi minyak yang menghasilkan efisiensi removal minyak maksimum) menghasilkan efisiensi removal minimum untuk COD dan BOD.
4. Efisiensi removal yang diperoleh menunjukkan bahwa efisiensi removal BOD lebih baik dibandingkan dengan efisiensi removal COD dan efisiensi removal COD lebih besar daripada efisiensi removal untuk minyak. Hal ini berlaku baik pada hasil penelitian pada reaktor Batch Proses maupun pada reaktor Continous Proses.
5. Semakin besar penurunan substrat akan menyebabkan penurunan biodegradasi minyak. Hal ini juga terlihat dalam penelitian batch proses pada konsentrasi minyak konstan dimana penurunan konsentrasi substrat mengakibatkan kenaikan biodegradasi minyak, sebaliknya pada konsentrasi

COD konstan penurunan konsentrasi minyak menyebabkan penurunan terhadap biodegradasi minyak.

6. Perubahan konsentrasi minyak tidak mempengaruhi urutan tingkat efisiensi removal untuk masing-masing variabel penambahan nutrisi, akan tetapi hanya menyebabkan perubahan nilai efisiensi removal. Demikian juga penambahan konsentrasi minyak juga tidak mempengaruhi urutan tingkat efisiensi removal untuk tiap-tiap variabel resirkulasi sludge dan hanya menyebabkan perubahan nilai efisiensi removal. Kedua hal tersebut juga berlaku sebaliknya.
7. Identifikasi mikroorganisme dengan Pewarnaan Gram yang dilakukan terhadap sampel dari lumpur pada reaktor Continuous Proses memberikan hasil bahwa mikroorganisme yang ada adalah mikroorganisme Gram Negatif. Mikroorganisme Gram negatif tersebut dapat hidup pula dalam media yang diperuntukkan untuk bakteri Gram Positif, dimana hanya bakteri Gram Negatif tertentu yang dapat tumbuh.
8. Nilai rasio BOD/COD untuk air buangan kilang minyak pada penelitian ini adalah sebesar 0,4.

VI.2 SARAN

Setelah melakukan penelitian mengenai pengolahan air buangan kilang minyak, ada beberapa saran yang dirasa perlu adalah sebagai berikut,

1. Berdasarkan hasil penelitian bahwa kenaikan konsentrasi minyak hingga 30 mg/l, menghasilkan peningkatan efisiensi removal untuk minyak. Konsentrasi minyak yang lebih besar lagi, kemungkinan masih dapat meningkatkan efisiensi removal, oleh sebab itu disarankan adanya penelitian lanjutan, khususnya untuk konsentrasi minyak yang lebih besar dari 30 mg/l, sehingga dapat diperoleh beban (konsentrasi minyak) maksimum yang terbaik untuk pengolahan air buangan kilang minyak.
2. Disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut mengenai hubungan antara kondisi pengoperasian (waktu kontak, beban pengolahan, resirkulasi sludge dan perbandingan nutrien) dengan karakteristik air buangan kilang minyak. Mengingat untuk kilang minyak yang berasal dari sumber minyak yang berbeda mempunyai kandungan jenis minyak yang berbeda, sehingga dimungkinkan untuk tiap-tiap air buangan kilang minyak mempunyai kondisi pengoperasian yang berbeda.

3. Perlu penelitian lebih lanjut mengenai mikroorganisme yang digunakan dalam pengolahan air buangan kilang minyak. Pertimbangannya karena menurut literatur tidak semua jenis mikroorganisme mampu/dapat melakukan biodegradasi terhadap minyak dan hanya mikroorganisme jenis tertentu yang berperan sebagai pemecah minyak yaitu golongan *Pseudomonas* dan sejenisnya. Dengan biakan murni dari mikroorganisme golongan tersebut kemungkinan dapat dihasilkan efisiensi removal minyak yang lebih baik dibandingkan dengan kultur campuran yang didapatkan dari lumpur (tanah) yang sudah teradaptasi dalam lingkungan buangan kilang minyak.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

1. Benefield, Larry D., "Biological Proces Design for Waste Water Treatment", Prentice Hall Inc., Englewood.
2. Bennett, Gary J., "Water-1980", Vol-77, American Institute of Chemical Engineers, 1981.
3. Davis, J.B., "Petroluem Microbiology", Elsevier Publishing Company, New York, 1967.
4. Gaudy, Anthony F. & Gaudy, Elizabeth T., Microbiology for Environmental Scientists and Engineers, Mc Graw Hill, Kogakusha, 1981.
5. Jones, Harold R., Pollution Control in The Petroleum Industry, Noyes Data Corporation, New Jersey, 1973.
- 6 . Mahajan, SP., "Pollution Control in Process Industries", Tata McGraw Hill Publishing Company LTD, New Delhi, 1985.
7. Metcalf & Eddy Inc., "Waste Water Engineering Treatment Disposal Reuse", Tata McGraw Hill, New Delhi, 1985.
8. Nemerow, Nelson Leonard, "Scientific Stream Pollution Analysis", Scripta Book Company, Washington D.C., 1974.
9. Nicoll, Eric H., "Small Water Pollution Control Works", John Willey and Sons, West Sussex, 1987.

10. Reynolds, Tom D., Unit Operation & Process in Environmental Engineering, Broke/Cole Engineering Division Monterey, California, 1982.
11. Sharpley, J.M., "Elementary Petroleum Microbiology", Gulf Publishing Company, Texas, 1966.
12. Teargen, Lucy, "Medical Microbiology Laboratory Procedures", W.B. Saunders Company, Toronto, 1982.
13. Verstraete, W., "Biotechnological Processes in Environmental Technology", University of Gent, 198
14. Zajic, J.E., "Microbial Enhanced Oil Recovery", Penn Well Publishing Company, Oklahoma, 1983.

LAMPIRAN 1

PEMBENIHAN MIKROORGANISME (Seeding)

- Sejumlah lumpur endapan dari pengolahan disiapkan dalam satu bejana.
- Dicampur dengan air buangan yang akan diolah, dengan beban yang sesuai dengan range pembebanan yang akan diolah.
- Atur pH sekitar 7 dengan menambahkan Ca(OH)_2 atau H_2SO_4 .
- Selanjutnya dilakukan pembenihan aerob secara batch, dengan mengaerasi dan DO dijaga ≥ 2 mg/l.
- Sekitar 4 jam kemudian terjadi perubahan kekeruhan dan timbul gelembung gas pada permukaan serta dilakukan pemeriksaan angka PV yang menurun, yang menandakan aktivitas dan pertumbuhan mikroorganisme.
- Bila DO reaktor ≥ 2 mg/l dan MLVSS > 3000 mg/l, maka pembenihan secara dapat dihentikan.

LAMPIRAN 2

ANALISA KANDUNGAN MINYAK

1. Bahan-bahan

- a. Larutan HCl pekat.
- b. Larutan CCl_4 (p.a.).
- c. NaCl (p.a.).

2. Cara kerja

- a. Timbang botol sampel dan isi sampel.
- b. Masukkan ke dalam botol ekstraksi.
- c. Tambahkan 1 tetes HCl pekat dan 1 gram NaCl.
- d. Masukkan 10 ml CCl_4 , kemudian dikocok.
- e. Tunggu $\pm 1 - 2$ menit, sampai terjadi pemisahan fase.
- f. Ambil fase CCl_4 .
- g. Ukur O.D. dengan Infrared Spectrophotometer pada angka gelombang 2950 dan 2920 cm^{-1} .

3. Perhitungan

Untuk mengetahui konsentrasi minyak maka digunakan rumus seperti dibawah ini,

$$[\text{Minyak}] = \frac{\text{O.D.}}{4,05} \times \frac{10000}{\text{massa sampel}} \quad \text{mg/l}$$

dimana, O.D. = optical density

4,05 = absorbtivitas

LAMPIRAN 3

ANALISA CHEMICAL OXYGEN DEMAND (COD)

1. Bahan-bahan

- a. Larutan $K_2Cr_2O_7$ 0,1 N.
 - Timbang 4,9036 gr $K_2Cr_2O_7$.
 - Dilarutkan dalam 1 liter aquadest.
- b. Larutan Ferro Ammonium Sulfat (FAS) 0,1 N.
 - Larutkan 39,2 gr $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ dalam aquadest.
 - Tambahkan 8 ml H_2SO_4 pekat.
 - Diencerkan sampai 1 liter.
- c. Larutan Ag_2SO_4 dengan H_2SO_4 .
 - Larutkan 10 gr Ag_2SO_4 dalam 1 liter H_2SO_4 pekat.
 - Biarkan selama 1 hari.
- d. Larutan indikator Ferroin.
 - 1,485 gr Orthophenantrolin dan 0,695 gr $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ dilarutkan dalam 100 ml aquadest.

2. Cara kerja

- a. Masukkan 400 mg kristal $HgSO_4$ ke dalam erlenmeyer COD.
- b. Tambahkan larutan sampel (atau sampel yang sudah diencerkan) sebanyak 20 ml.

- c. Tambahkan larutan $K_2Cr_2O_7$ 0,1 N sebanyak 10 ml.
- d. Tambahkan 30 ml larutan H_2SO_4 pekat campur Ag_2SO_4 .
- e. Panaskan erlenmeyer COD dengan destilasi selama ± 2 jam.
- f. Bilaslah kondensor dan tambahkan aquadest sampai ± 150 ml, kemudian didinginkan sampai suhu kamar.
- g. Tambahkan 3 - 4 tetes indikator Ferroin.
- h. Titrasi dengan FAS 0,1 N, sampai warna hijau-biru berubah menjadi coklat-merah.

3. Perhitungan

$$COD = \frac{(a - b) * N * 8000}{ml \text{ sampel}} \quad (mg.O_2/l)$$

dimana, a = FAS yang digunakan untuk titrasi blanko (ml)

b = FAS yang digunakan untuk titrasi sampel (ml)

N = normalitas larutan FAS

LAMPIRAN 4

ANALISA BIOLOGICAL OXYGEN DEMAND (BOD)

1. Bahan-bahan

a. Larutan pengencer.

- Larutan Buffer Phospat.

KH_2PO_4 8,5 gr, K_2HPO_4 21,75 gr, $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 33,4 gr,
 NH_4Cl 1,7 gr, dilarutkan dalam 1 liter aquadest.

- Larutan MgSO_4 .

22,5 gr $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dilarutkan dalam 1 liter aquadest.

- Larutan CaCl_2 .

27,5 gr CaCl_2 anhidrus dalam 1 liter aquadest.

- Larutan FeCl_3 .

0,25 gr $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ dilarutkan dalam 1 liter aquadest.

b. Larutan MnSO_4 .

- Larutkan 40 gr MnSO_4 dalam 100 ml aquadest atau

- Larutkan 48 gr $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ dalam 100 ml Aquadest.

c. Larutan Pereaksi Oksigen.

- 40 gr NaOH , 15 gr KI , 2 gr NaN_3 dilarutkan dalam 100 ml aquadest.

d. Larutan Amilum 1 %.

- Panaskan air sebanyak 100 ml.

- Larutkan 1 gr amilum dalam 100 ml.

- Tambahkan pengawet HgI_2 sedikit.

e. Larutan Thiosulfat 0,1 N.

- Larutkan 24,82 gr $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ dalam 1 liter aquadest yang telah dididihkan dan didinginkan kembali.

- Tambah 5 ml CHCl_3 atau 1 gr NaOH atau 8 ml buffer pH 12.

f. Larutan Thiosulfat 1/80 N.

- 25 ml Thiosulfat 0,1 N diencerkan sampai 200 ml.

2. Cara kerja

Analisa BOD pada prinsipnya sama dengan analisa oksigen terlarut yaitu :

a. Ke dalam sampel yang sudah ada di dalam botol Winkler tambahkan 2 ml larutan MnSO_4 .

b. Tambahkan 2 ml larutan Pereaksi Oksigen. Botol ditutup kembali dengan hati-hati untuk mencegah terperangkapnya udara dari luar, kemudian dikocok dengan membalik-balik botol.

c. Biarkan gumpalan mengendap selama ± 10 menit.

d. Tambahkan 2 ml H_2SO_4 pekat, kemudian dikocok sehingga semua endapan melarut.

e. Ambil 100 ml dan masukkan kedalam erlenmeyer.

f. Tambahkan amilum sampai timbul warna biru.

- g. Titrasi dengan larutan Thiosulfat sampai warna biru hilang dan catat volume titran.

3. Perhitungan

1. Oksigen Terlarut (OT) :

$$OT = \frac{a \cdot N \cdot 8000}{V} \text{ mg.O}_2/\text{l}$$

dimana, a = volume Natrium tiosulfat (ml)

N = normalitas Natrium tiosulfat (ek/l)

V = volume sampel (ml)

2. Biological Oxygen Demand (BOD₅)

$$BOD_5 = \frac{((X_0 - X_5) - (B_0 - B_5)) (1 - P)}{P} \text{ mg.O}_2/\text{l}$$

dimana, X₀ = OT sampel pada t = 0 hari (mg.O₂/l)

X₅ = OT sampel pada t = 5 hari (mg.O₂/l)

B₀ = OT blanko pada t = 0 hari (mg.O₂/l)

B₅ = OT blanko pada t = 5 hari (mg.O₂/l)

P = derajat pengenceran

LAMPIRAN 5

PEWARNAAN GRAM

1. Bahan-bahan

a. Media Agar

- Mac Conkey Agar
- Eosin Methylene Blue (EMB) Agar
- Blood Agar Base

b. Larutan Iodium

c. Larutan Safranin

d. Ungu Kristal (Carbol Gentha Violet) 0,5 %

e. Ethanol atau Alkohol 95 %

2. Cara kerja Isolasi Awal

- a. Disiapkan 3 (tiga) cawan petri steril.
- b. Disterilkan 3 media Agar (yang sesuai) dalam tabung reaksi sebanyak ± 15 ml.
- c. Secara aseptis dipindahkan ± 1 ml sampel air ke dalam cawan petri steril.
- d. Dengan metoda 'Cawan Tuang' dituangkan masing-masing media Agar (yang mempunyai suhu $44^{\circ}\text{C} - 46^{\circ}\text{C}$) steril dari tabung reaksi ke dalam ketiga cawan petri.

- e. Kemudian dicampur dengan cara menggoyang berputar setiap kali menuangkan Agar, hingga merata.
- f. Setelah Agar tersebut mengeras, cawan petri dibalik dan diinkubasikan pada suhu 35°C selama 24 jam - 48 jam.
- g. Setelah masa inkubasi, koloni yang tumbuh pada masing-masing media, diambil sedikit biakan untuk dilakukan Pewarnaan Gram.

3. Cara kerja Pewarnaan Gram

- a. Sediakan 3 (tiga) buah kaca obyek yang bersih.
- b. Pindahkan sedikit biakan dengan jarum inokulasi ke atas kaca obyek yang telah ditetesi air, lalu dicampur disebarakan hingga merata.
- c. Melakukan fiksasi panas, dengan jalan melewati kaca obyek diatas api Bunsen.
- d. Tuangi (genangi) sediaan dengan pewarna primer yaitu ungu kristal selama 1 menit.
- e. Buanglah kelebihan zat pewarna dan bilas dengan air menggunakan botol pijit.
- f. Tetesi (genangi) dengan larutan Iodium selama 2 menit.
- g. Buanglah kelebihan zat pewarna dan bilas dengan air menggunakan botol pijit.
- h. Kemudian dicuci dengan pemucat warna yaitu etanol atau

alkohol tetes demi tetes selama 30 detik, atau sampai zat warna ungu kristal tidak terlihat lagi mengalir dari kaca obyek.

- i. Cucilah dengan air menggunakan botol pijit.
- j. Tuangi (genangi) dengan pewarna tandingan yaitu Safranin selama 30 detik.
- k. Buanglah kelebihan zat pewarna dan bilas dengan air menggunakan botol pijit.
- l. Tiriskan kaca obyek dan seraplah kelebihan air pada kaca obyek dengan kertas serap secara hati-hati.

4. Hasil Pengamatan

- a. Hasil pewarnaan berwarna Ungu berarti mikroorganisme tersebut adalah Gram Positif.
- b. Hasil pewarnaan berwarna Merah berarti mikroorganisme tersebut adalah Gram Negatif.

LAMPIRAN 6

ANALYTICAL QUALITY CONTROL COD

1. Metoda

- a. Larutan standard yang digunakan adalah Potassium Hydrogen Phthalate. Larutan standard ini dibuat dari bahan kimia yang pro-analisa (p.a.) dengan konsentrasi COD tertentu.
- b. Larutan standard yang telah dibuat dianalisa sesuai dengan cara kerja analisa COD.
- c. Analisa terhadap larutan standard yang telah diketahui konsentrasinya ini dilakukan minimal sebanyak 30 kali. Hitung nilai rata-rata dan standard deviasi dari data-data yang diperoleh, kemudian dibuat histogram distribusi frekuensi.
- d. Buatlah Control Chart untuk memonitor proses analisa sampel.

2. Data AQC

- a. Jumlah data = 30
- b. Konsentrasi sampel = 100 mg/l
- c. Konsentrasi maks. = 113 mg/l
- d. Konsentrasi min. = 90 mg/l

Tabel L.1 Hasil AGC COD

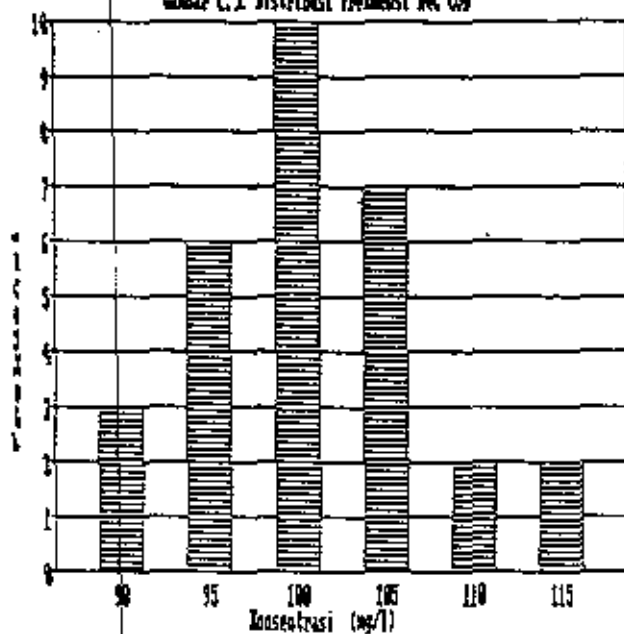
No.	Konsentrasi (mg/l)	No.	Konsentrasi (mg/l)
1	101	16	110
2	96	17	100
3	107	18	113
4	103	19	97
5	98	20	104
6	101	21	95
7	92	22	90
8	94	23	100
9	102	24	105
10	107	25	99
11	100	26	102
12	112	27	97
13	95	28	100
14	104	29	104
15	92	30	113

Rata-rata (\bar{x}) = 101,100
 S. Deviasi (s) = 6,127
 $\bar{x} + 2.s$ = 113,354
 $\bar{x} + 1.s$ = 107,227
 $\bar{x} - 1.s$ = 94,973
 $\bar{x} - 2.s$ = 88,846

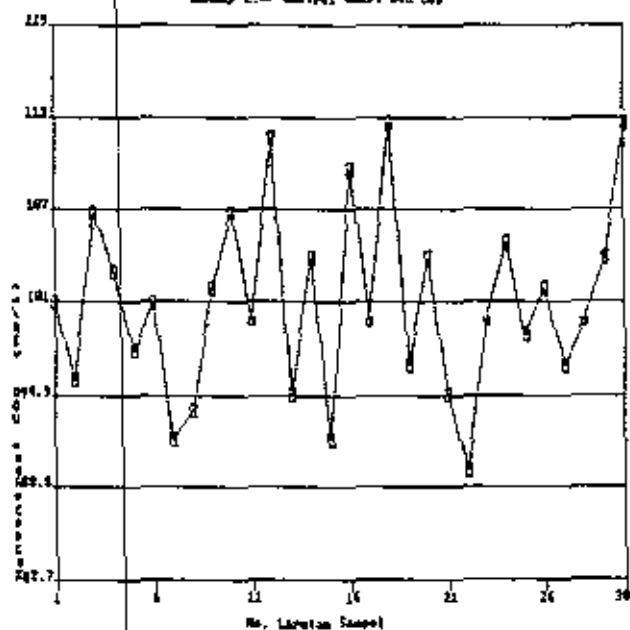
Tabel L.2 Distribusi Frekuensi AGC COD

No.	Konsentrasi (mg/l)	Frekuensi
1	88,0 - 92,0	3
2	93,0 - 97,0	6
3	98,0 - 102,0	10
4	103,0 - 107,0	7
5	108,0 - 112,0	2
6	113,0 - 117,0	2

Gambar 1.1 Distribusi frekuensi PAC 009



Gambar 1.2 Control Chart PAC 009



LAMPIRAN 7

ANALYTICAL QUALITY CONTROL BOD

1. Metoda

- a. Larutan standard yang digunakan adalah Glucose dan Glutamic Acid. Larutan standard ini dibuat dari bahan kimia yang pro-analisa (p.a.) dengan konsentrasi BOD tertentu.
- b. Larutan standard yang telah dibuat dianalisa sesuai dengan cara kerja analisa BOD.
- c. Analisa terhadap larutan standard yang telah diketahui konsentrasinya ini dilakukan minimal sebanyak 30 kali. Hitung nilai rata-rata dan standard deviasi dari data-data yang diperoleh, kemudian dibuat histogram distribusi frekuensi.
- d. Buatlah Control Chart untuk memonitor proses analisa sampel.

2. Data AQC

- a. Jumlah data = 30
- b. Konsentrasi sampel = 200 mg/l
- c. Konsentrasi maks. = 214 mg/l
- d. Konsentrasi min. = 192 mg/l

Tabel L.3 Hasil AGC BOD

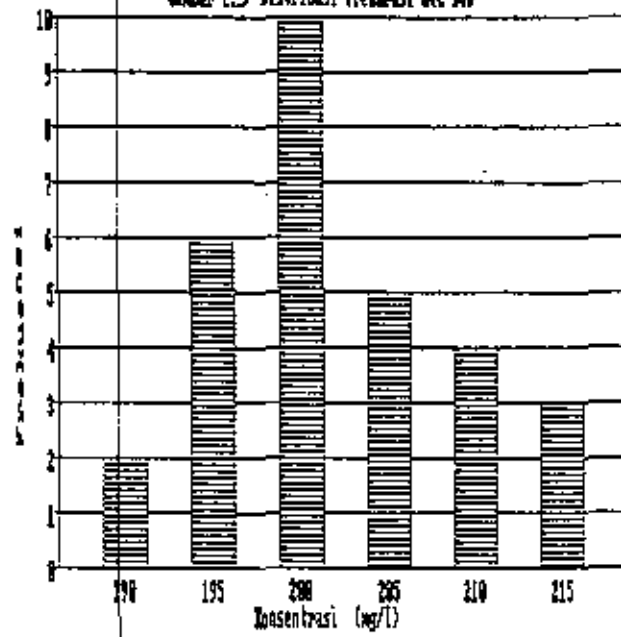
No.	Konsentrasi (mg/l)	No.	Konsentrasi (mg/l)
1	193	16	200
2	207	17	209
3	197	18	205
4	200	19	214
5	210	20	203
6	196	21	192
7	205	22	199
8	194	23	213
9	201	24	198
10	210	25	214
11	202	26	202
12	199	27	195
13	194	28	200
14	212	29	192
15	201	30	203

Rata-rata (\bar{x}) = 202,000
 S. Deviasi (δ) = 6,690
 $\bar{x} + 2.8$ = 215,380
 $\bar{x} + 1.8$ = 208,690
 $\bar{x} - 1.8$ = 195,310
 $\bar{x} - 2.8$ = 188,620

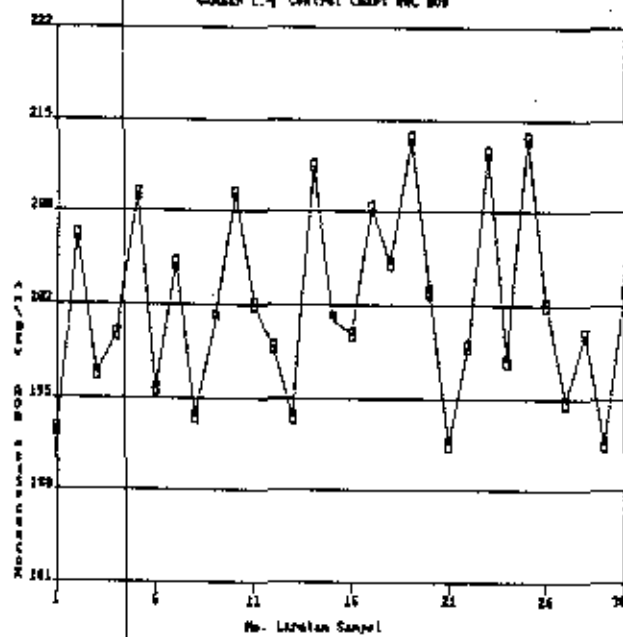
Tabel L.4 Distribusi Frekuensi AGC BOD

No.	Konsentrasi (mg/l)	Frekuensi
1	188,0 - 192,0	2
2	193,0 - 197,0	6
3	198,0 - 202,0	10
4	203,0 - 207,0	5
5	208,0 - 212,0	4
6	213,0 - 217,0	3

Gambar L.3 Distribusi frekuensi BOD



Gambar L.4 Control Chart BOD BOD



LAMPIRAN B

RASIO BOD/COD

Tabel L-5 Rasio BOD/COD

No	COD	BOD	Rasio BOD/COD	Keterangan
1	167	67	0,4	batch
2	333	130	0,39	batch
3	498	203	0,41	batch
4	165	68	0,41	batch, steril
5	168	65	0,39	continous
6	330	133	0,40	continous
7	501	203	0,40	continous
8	164	67	0,41	continous
9	337	128	0,38	continous
10	503	205	0,41	continous
11	170	68	0,40	continous
12	335	135	0,42	continous
13	498	198	0,40	continous

Tabel L-6 Frekuensi Rasio BOD/COD

Rasio BOD/COD	Frekuensi	%
0,38	1	7,69
0,39	2	15,38
0,40	5	38,46
0,41	4	30,77
0,42	1	7,69

LAMPIRAN 9

RATE BIODEGRADASI MINYAK

1. Rumus rate pengurangan reaktan.

Studi tentang kinetika kimia berhubungan dengan rate reaksi dimana reaktan diubah menjadi produk.

Pada batch proses terjadi :

$$[\text{akumulasi}] = [\text{input}] - [\text{pengurangan karena reaksi}] + [\text{output}]$$

Karena pada batch proses $[\text{input}]$ dan $[\text{output}]$ dalam kesetimbangan adalah nol, maka

$$[\text{akumulasi}] = - [\text{pengurangan karena reaksi}]$$

Sedangkan rumus umum untuk rate reaksi adalah :

$$- \frac{dC_A}{dt} = k C_A^n$$

dimana : k = konstanta rate
 C_A = konsentrasi A, massa per unit volume
 n = nilai eksponensial

Tingkat reaksi sama dengan nilai eksponensial, untuk orde nol $n = 0$, untuk rate satu $n = 1$, dan seterusnya. Sehingga pada

batch proses untuk reaksi orde satu persamaan tersebut berubah menjadi,

$$\frac{dC_A}{dt} = -k C$$

Dengan mengintegralkan dan memasukkan nilai batas didapatkan,

$$\ln C_t - \ln C_0 = -k t$$

atau,

$$\frac{C_t}{C_0} = e^{-k t}$$

dimana : C_t = konsentrasi reaktan pada waktu t .
 C_0 = konsentrasi reaktan awal.
 k = rate konstanta.
 t = waktu reaksi (detention time).

2. Perhitungan rate biodegradasi minyak.

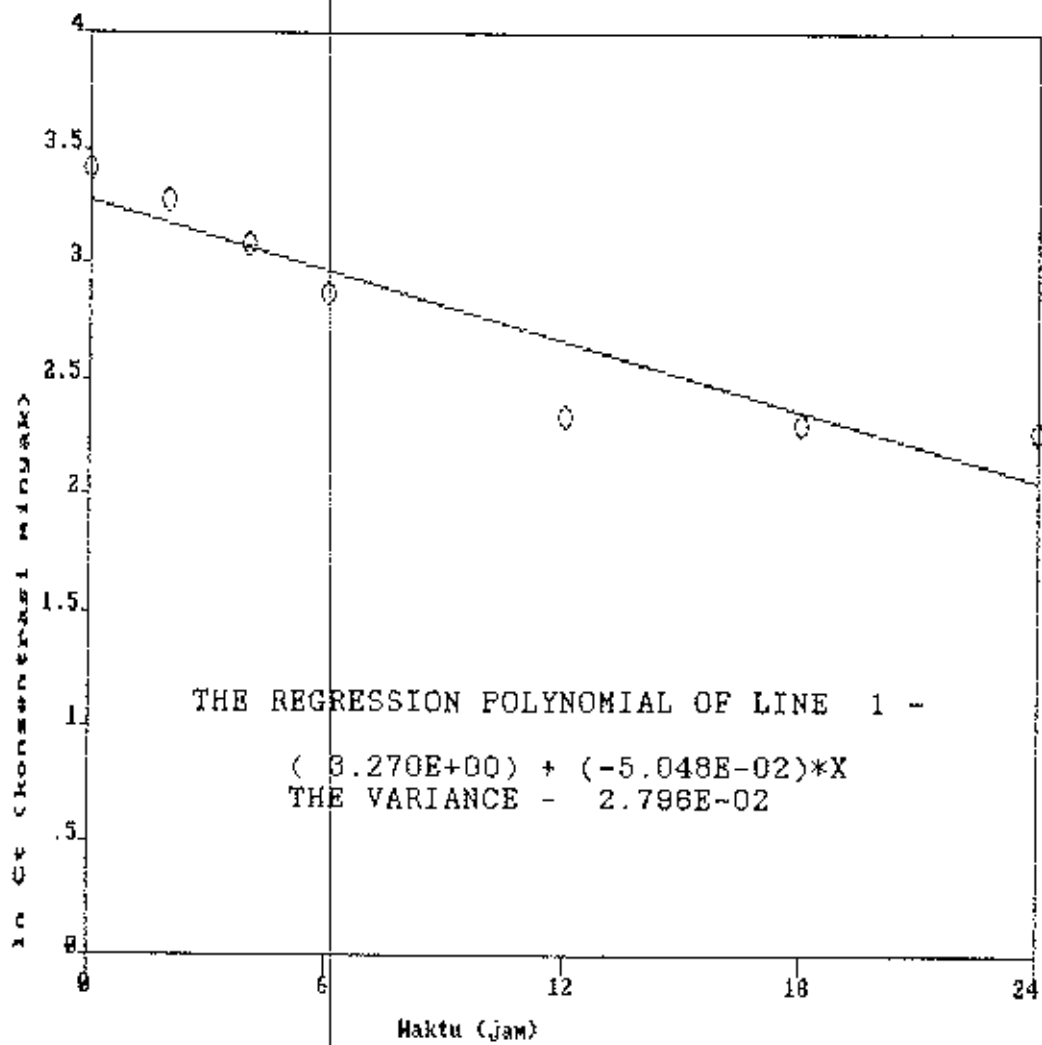
Rate biodegradasi minyak dihitung dari data yang diperoleh dari batch proses, pada kondisi dimana dihasilkan efisiensi removal maksimum untuk minyak, yaitu pada K-3 N-2 (pada konsentrasi minyak 30 mg/l dan penambahan nutrisi dengan perbandingan 100 : 5 : 1). Disamping itu juga dihitung rate biodegradasi minyak untuk uji biodegradasi minyak pada K-1 N-1 (konsentrasi minyak 10 mg/l dan tanpa penambahan

nutrien), yaitu pada Kondisi Steril dan Non Steril sebagai perbandingannya.

Data untuk K-3 N-2 non steril dan K-1 N-1 non steril diperoleh dari Tabel 4.1, sedang K-1 N-1 kondisi steril diperoleh dari Tabel 4.3. Hasil perhitungan rate biodegradasi minyak ditampilkan pada Tabel L.7 dan Gambar L.5 , L.6 , L.7.

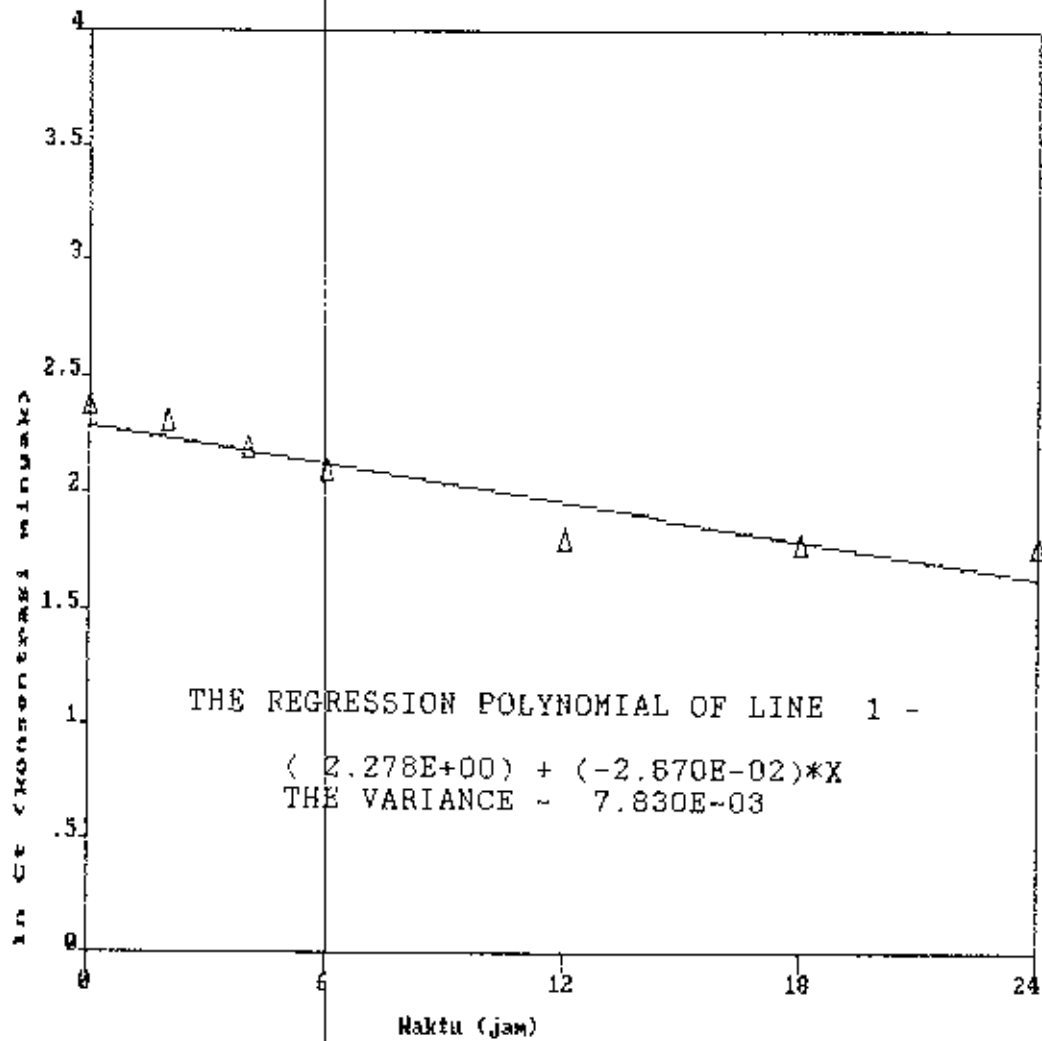
Tabel L.7 Perhitungan rate biodegradasi minyak.

Waktu t (jam)	Kondisi Non Steril				Kondisi Steril	
	K-3 N-2		:	K-1 N-1	K-1 N-1	
	Ct	ln Ct		Ct	ln Ct	
0	30.40	3.414		10.52	2.353	9.73
2	26.17	3.265		9.85	2.287	9.73
4	21.85	3.084		8.76	2.170	9.69
6	17.73	2.875		7.89	2.066	9.63
12	10.35	2.337		6.01	1.793	9.52
18	10.03	2.306		5.81	1.760	9.51
24	9.73	2.275		5.79	1.756	9.44



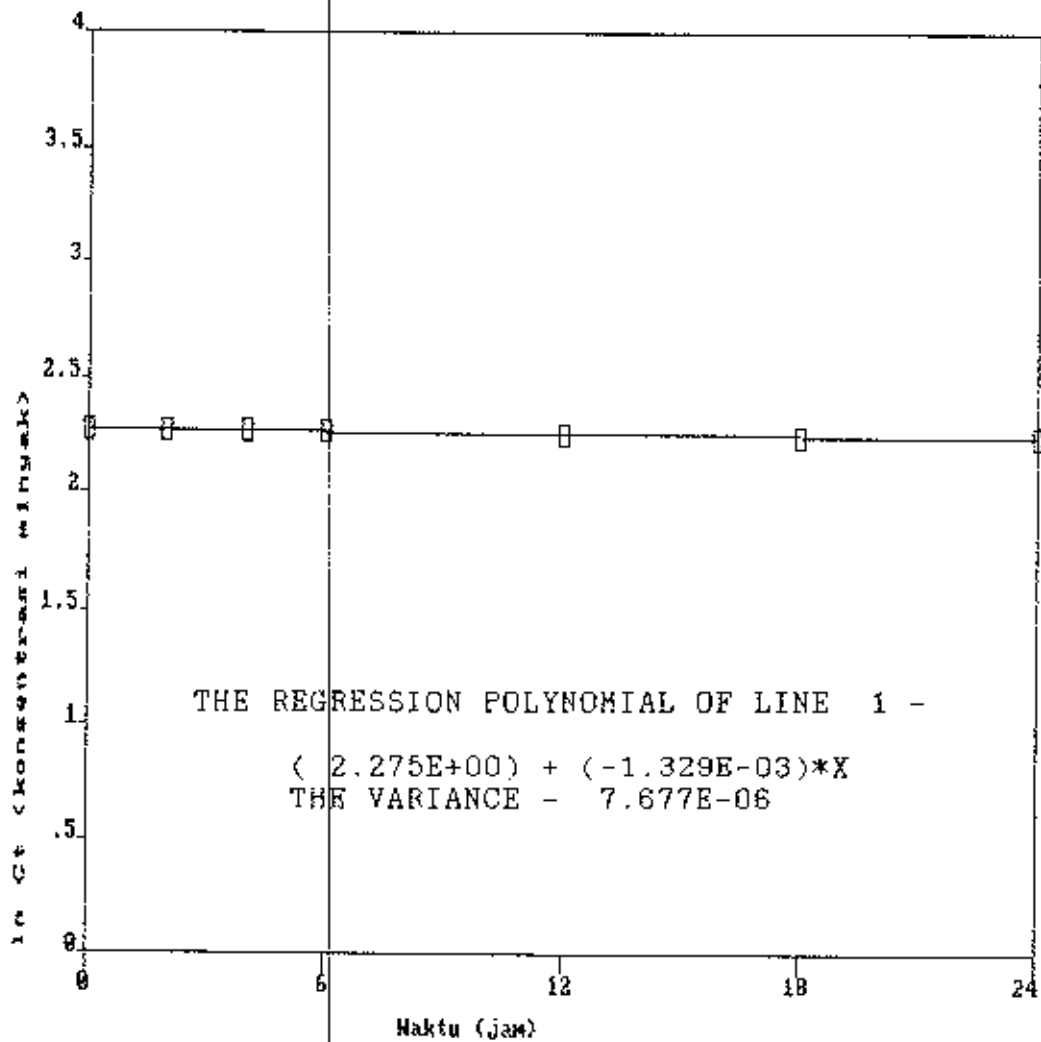
Gambar L.5 Grafik perhitungan Rate Biodegradasi Minyak pada K-3 N-2 dengan kondisi Non Steril.

Dengan rumus $\ln C_t = \ln C_0 - k t$
 dari grafik diatas didapatkan nilai
 rate biodegradasi minyak (k) = 0,05048



Gambar L.6 Grafik perhitungan Rate Biodegradasi Minyak pada K-1 N-1 dengan kondisi Non Steril.

Dengan rumus $\ln C_t = \ln C_0 - k t$
 dari grafik diatas didapatkan nilai
 rate biodegradasi minyak (k) = 0,0267



Gambar L.7 Grafik perhitungan Rate Biodegradasi Minyak pada K-1 N-1 dengan kondisi Steril.

Dengan rumus $\ln C_t = \ln C_0 - k t$
 dari grafik diatas didapatkan nilai
 rate biodegradasi minyak (k) = 0,01329

LAMPIRAN 10

CONTOH PERHITUNGAN KANDUNGAN MINYAK

Untuk Tabel 4.1 pada K-1 dan 0 jam.

- OD didapat dari grafik absorbansi minyak, dengan menghitung besar kenaikan absorbansi pada gelombang sekitar 2958 dan 2924 cm^{-1} .

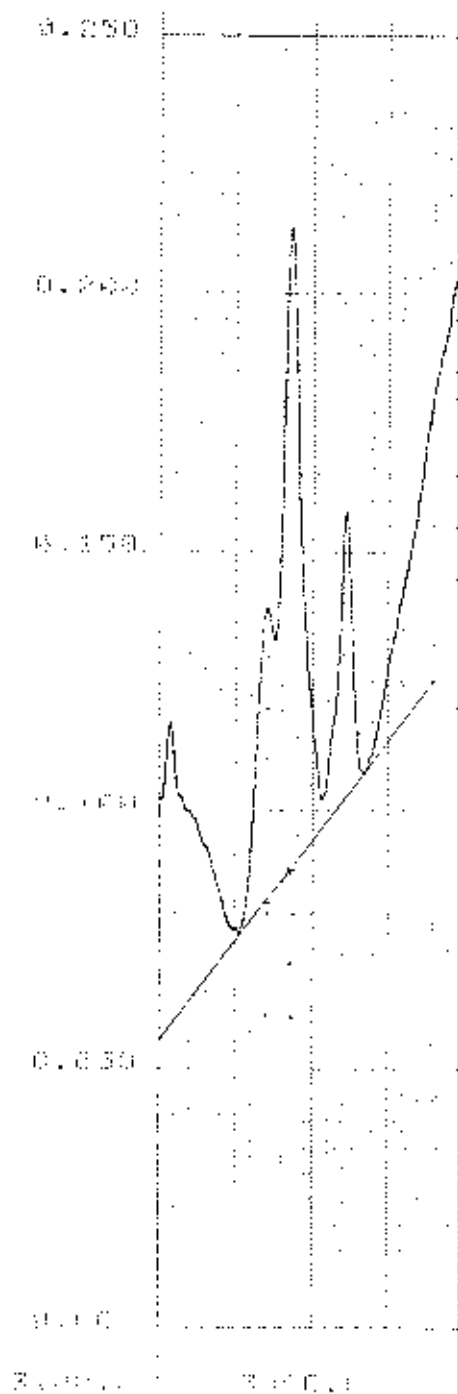
Pada gelombang 2958 cm^{-1} nilai OD = $0,139 - 0,082 = 0,059$

Pada gelombang 2924 cm^{-1} nilai OD = $0,213 - 0,088 = 0,125$

----- +
nilai OD 0,184

- Berat sampel = 42,71 gram, didapat dari berat botol berisi air sampel dikurangi berat botol mula-mula.
- Perhitungan konsentrasi minyak :

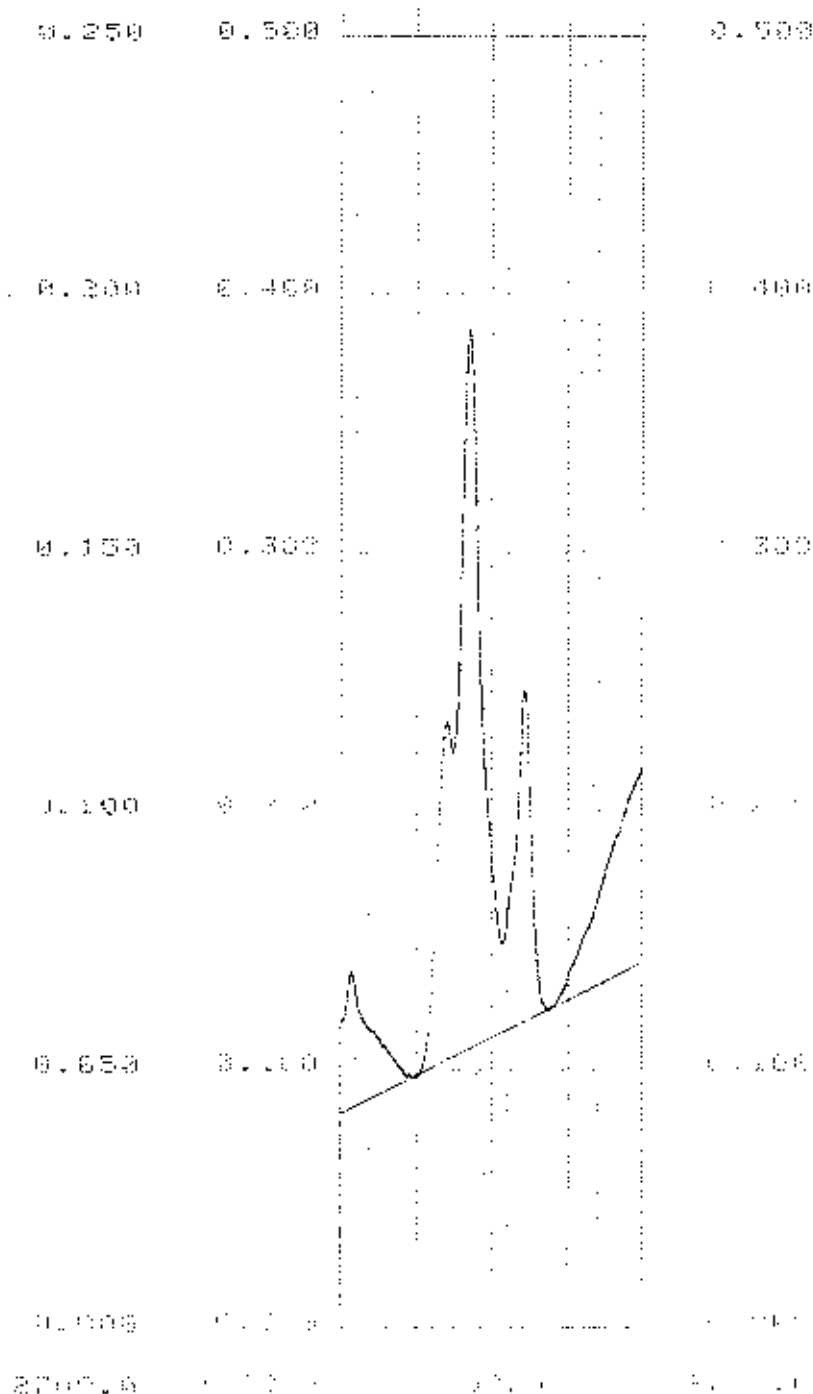
$$\begin{aligned}
 [\text{Minyak}] &= \frac{\text{O.D.}}{4,05} \times \frac{10000}{\text{massa sampel}} \quad \text{mg/l} \\
 &= \frac{0,184}{4,05} \times \frac{10000}{42,71} \\
 &= 10,64 \quad \text{mg/l}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} 0,139 - 0,082 &= 0,057 \\ 0,213 - 0,088 &= 0,125 \end{aligned}$$

+

Optical Density = 0,132
 Berat Sampel = 42,710 g
 Konsent. Minyak = 18,520 mg/l (Tabel 4.1)

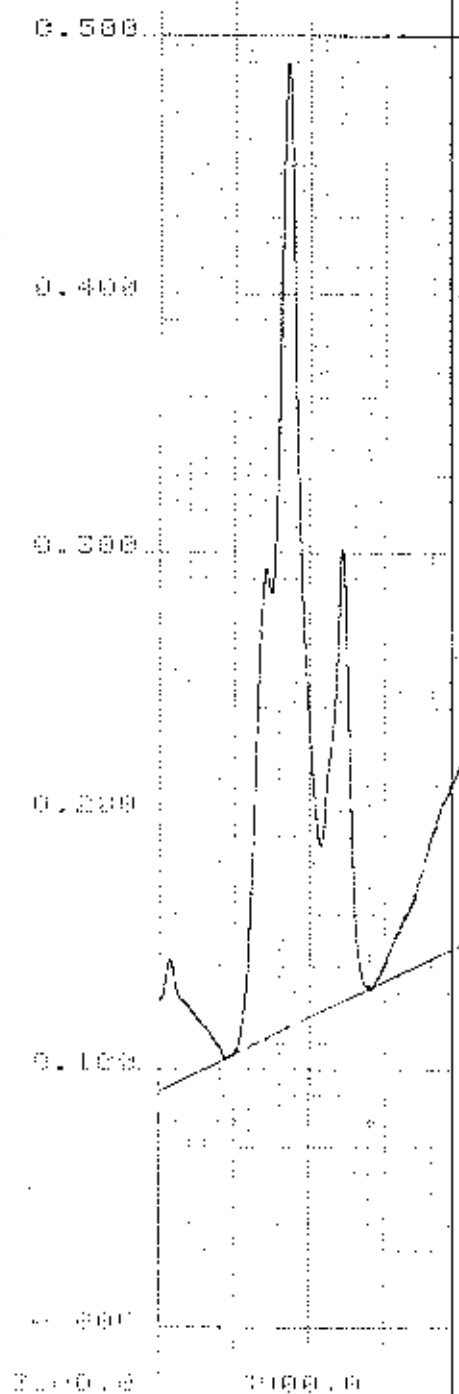


$$\begin{aligned} 0,234 - 0,194 &= 0,130 \\ 0,386 - 0,109 &= 0,277 \end{aligned}$$

+

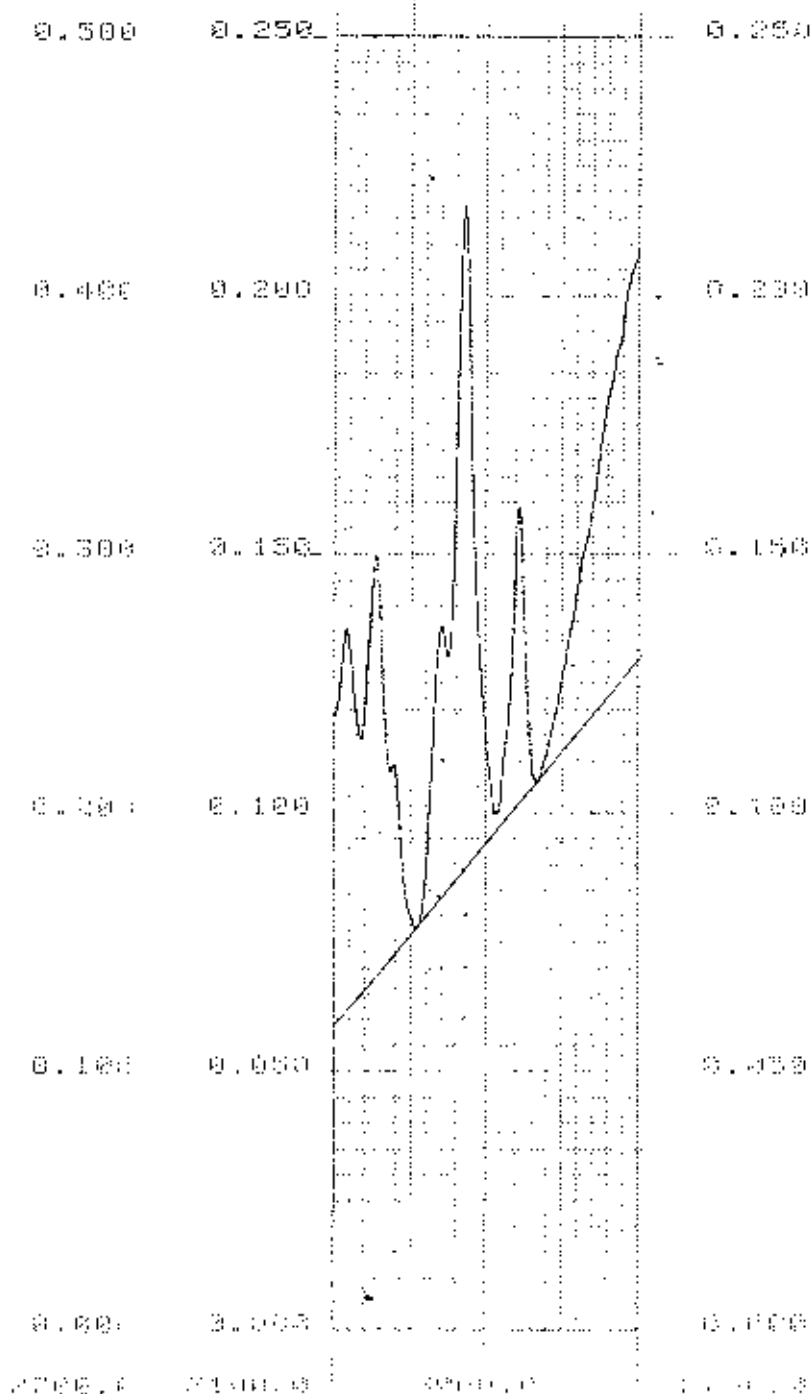
Optical Density = 0,407
 Berat Sampel = 48,450 g
 Konsent. Minyak = 20,320 mg/l (Tabel 4.1)

⊕ SHIV



$$\begin{aligned} 0,293 - 0,112 &= 0,181 \\ 0,490 - 0,117 &= 0,373 \end{aligned}$$

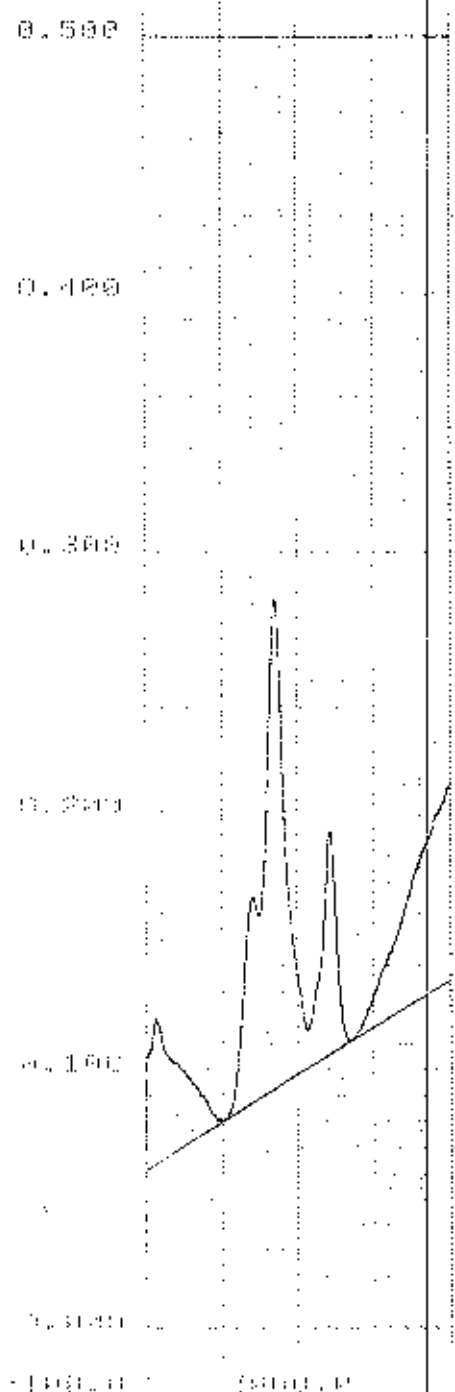
Optical Density = 0,554
 Berat Sampel = 44,990 g
 Konsent. Minyak = 30,400 mg/l (Tabel 4.1)



$$\begin{aligned} 0,136 - 0,084 &= 0,052 \\ 0,217 - 0,089 &= 0,128 \end{aligned}$$

Optical Density = 0,180
 Berat Sampel = 46,050 g
 Konsent. Minyak = 9,600 mg/l (Tabel 4.1)

ADZU CORP



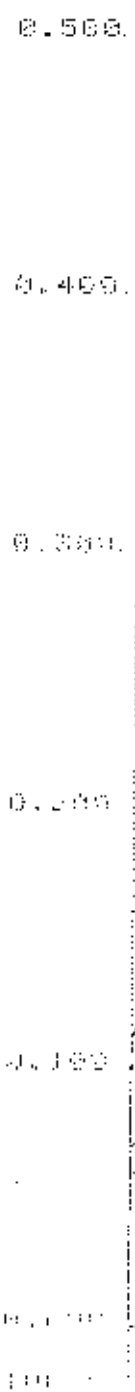
$$0,166 - 0,037 = 0,079$$

$$0,281 - 0,092 = 0,189$$

$$\text{Optical Density} = 0,268$$

$$\text{Berat Sampel} = 44,150 \text{ g}$$

$$\text{Konsent. Minyak} = 14,979 \text{ ag/l (Tabel 4.1)}$$



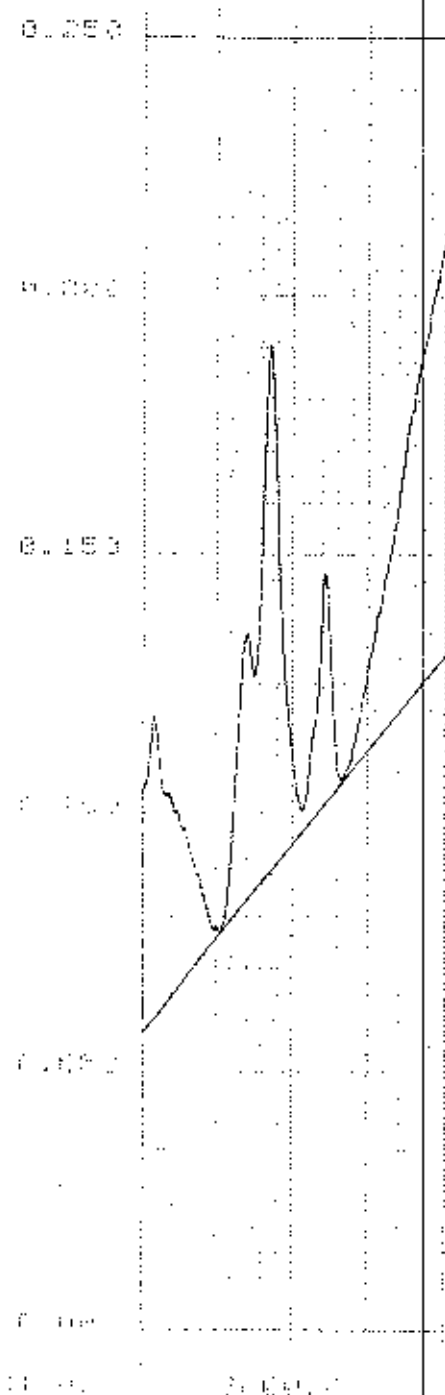
$$0,207 - 0,095 = 0,112$$

$$0,350 - 0,101 = 0,249$$

$$\text{Optical Density} = 0,361$$

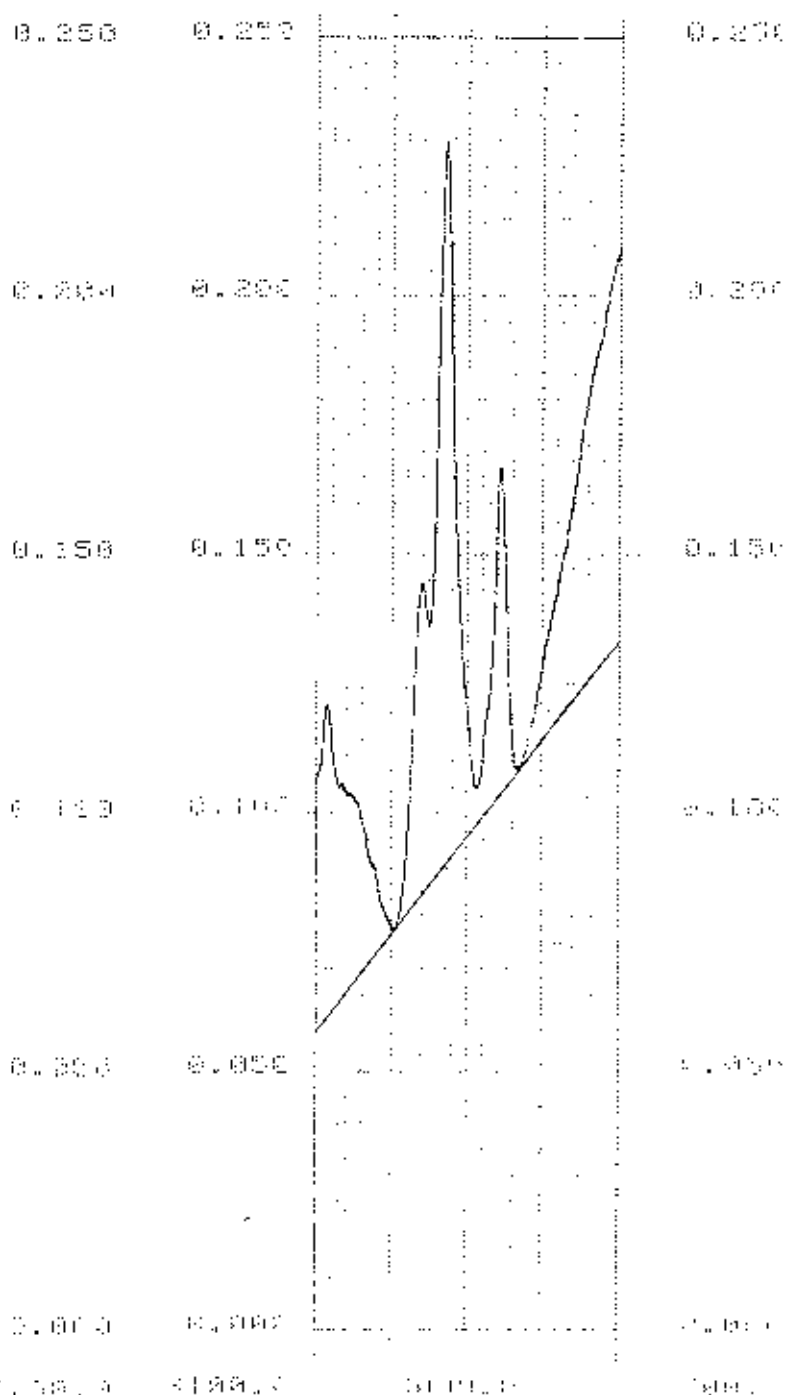
$$\text{Berat Sampel} = 44,680 \text{ g}$$

$$\text{Konsent. Minyak} = 19,930 \text{ ag/l (Tabel 4.1)}$$



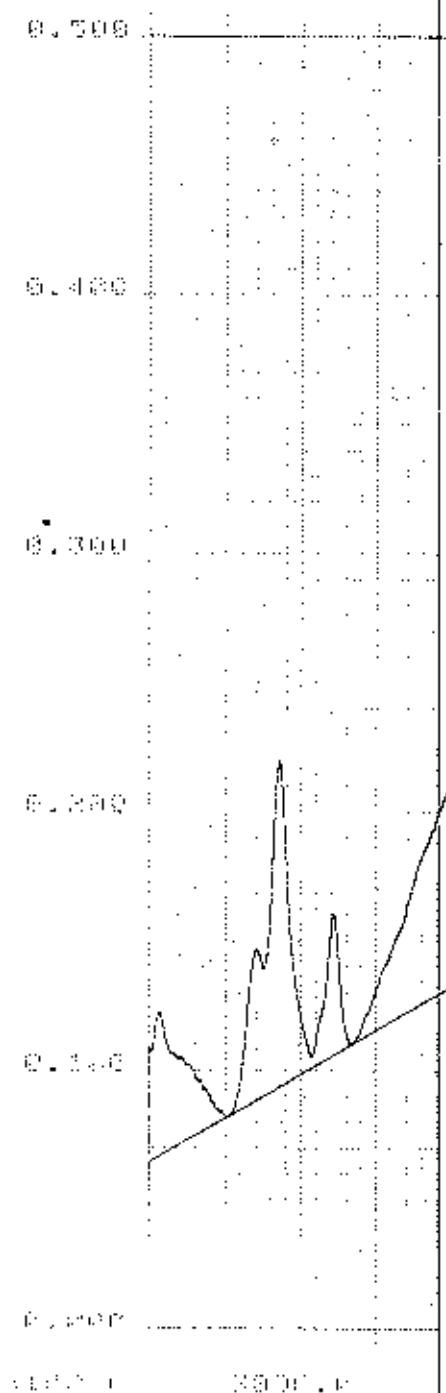
$$\begin{aligned} 0,103 - 0,084 &= 0,051 \\ 0,190 - 0,068 &= 0,102 \end{aligned}$$

Optical Density = 0,153
 Berat Sampel = 44,230 g
 Konsent. Minyak = 8,540 mg/l (Tabel 4.1)



$$\begin{aligned} 0,144 - 0,085 &= 0,059 \\ 0,230 - 0,090 &= 0,140 \end{aligned}$$

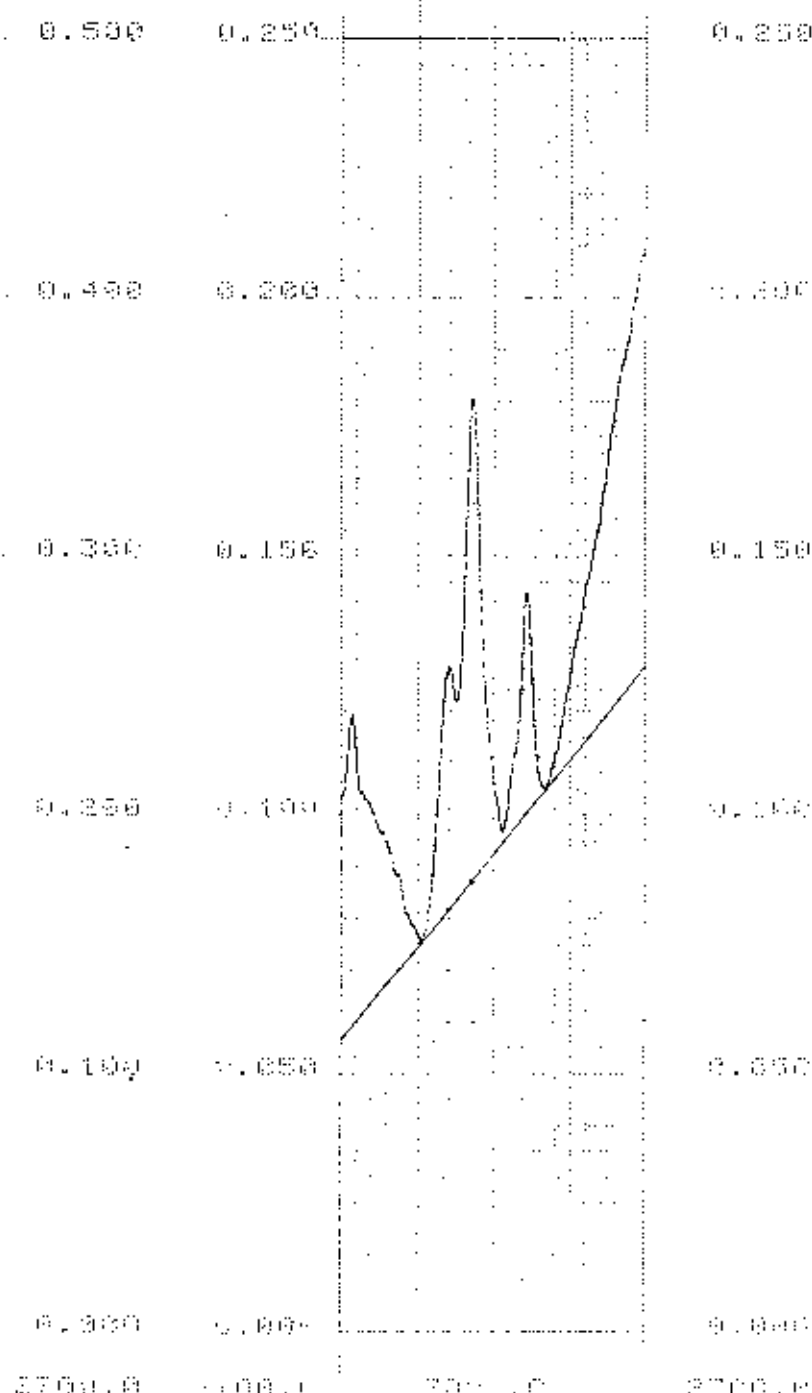
Optical Density = 0,199
 Berat Sampel = 45,520 g
 Konsent. Minyak = 10,790 mg/l (Tabel 4.1)



$$\begin{aligned} 0,146 - 0,083 &= 0,063 \\ 0,220 - 0,095 &= 0,125 \end{aligned}$$

Optical Density = 0,183
 Berat Sampel = 43,660 g
 Konsent. Minyak = 10,350 mg/l (Tabel 4.1)

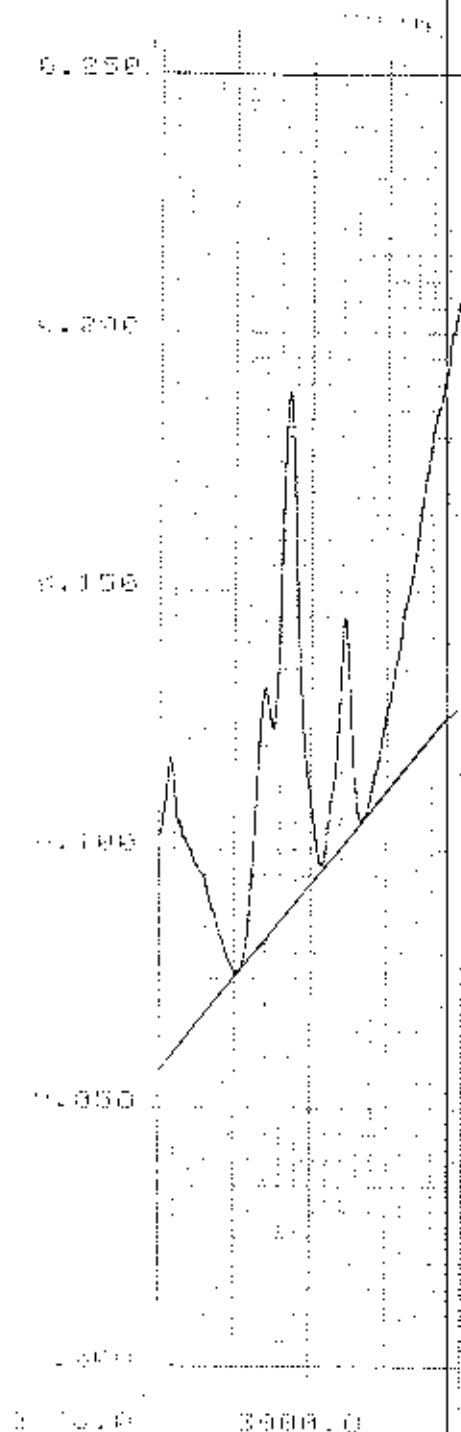
⊕ SHIM



$$\begin{aligned} 0,128 - 0,082 &= 0,046 \\ 0,190 - 0,087 &= 0,093 \end{aligned}$$

Optical Density = 0,139
 Berat Sampel = 43,720 g
 Konsent. Minyak = 7,850 mg/l (Tabel 4.1)

⊕ S



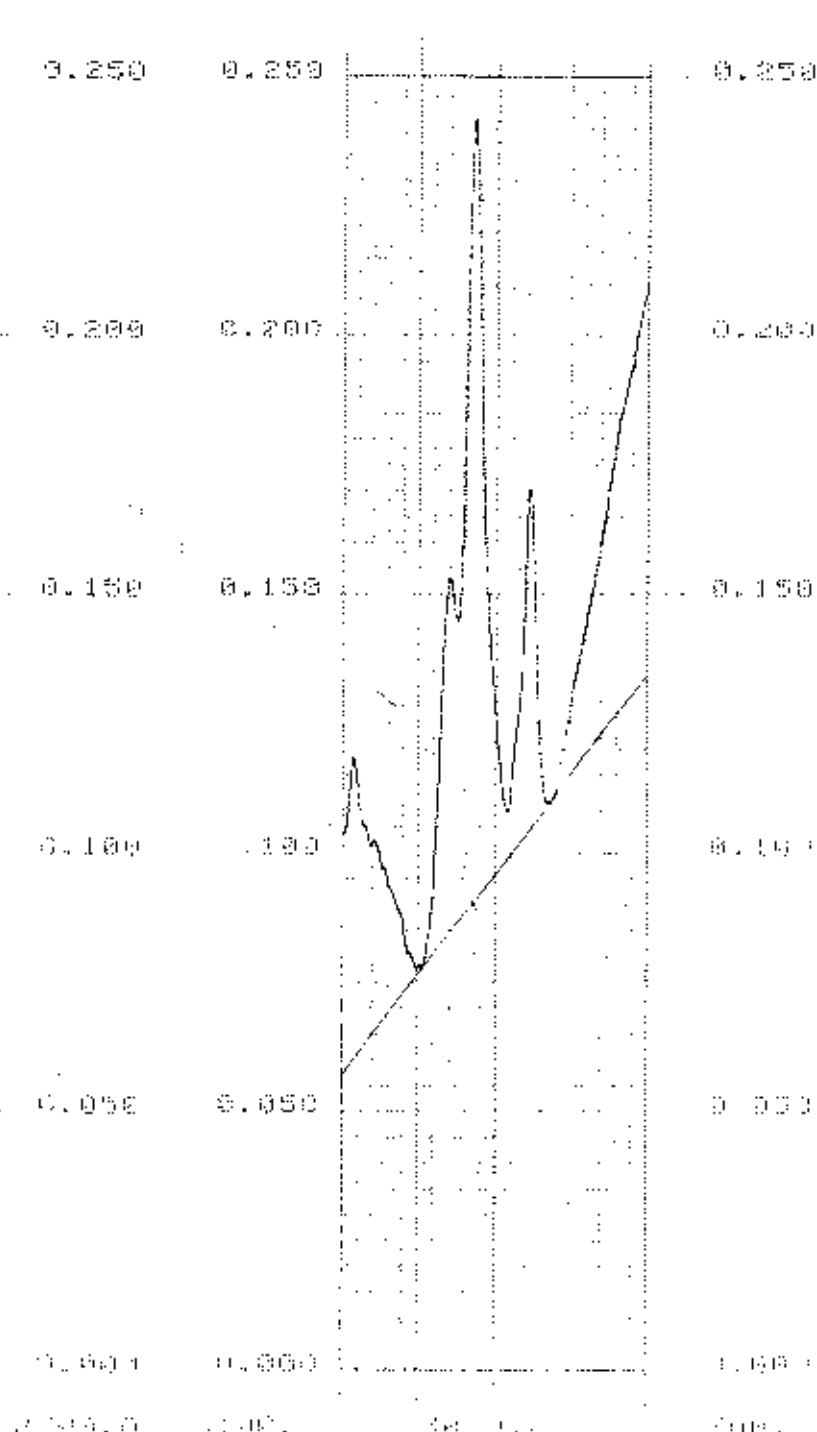
$$0,132 - 0,082 = 0,050$$

$$0,136 - 0,088 = 0,100$$

$$\text{Optical Density} = 0,150$$

$$\text{Berat Sampel} = 45,220 \text{ g}$$

$$\text{Konsent. Minyak} = 8,190 \text{ mg/l (Tabel 4.1)}$$



$$0,152 - 0,085 = 0,067$$

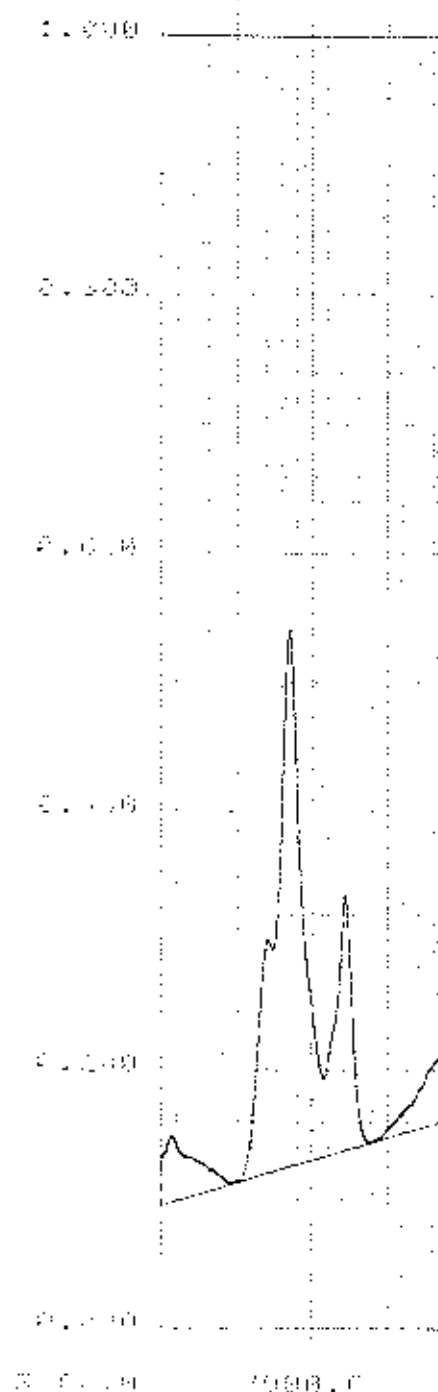
$$0,241 - 0,090 = 0,151$$

$$\text{Optical Density} = 0,218$$

$$\text{Berat Sampel} = 47,010 \text{ g}$$

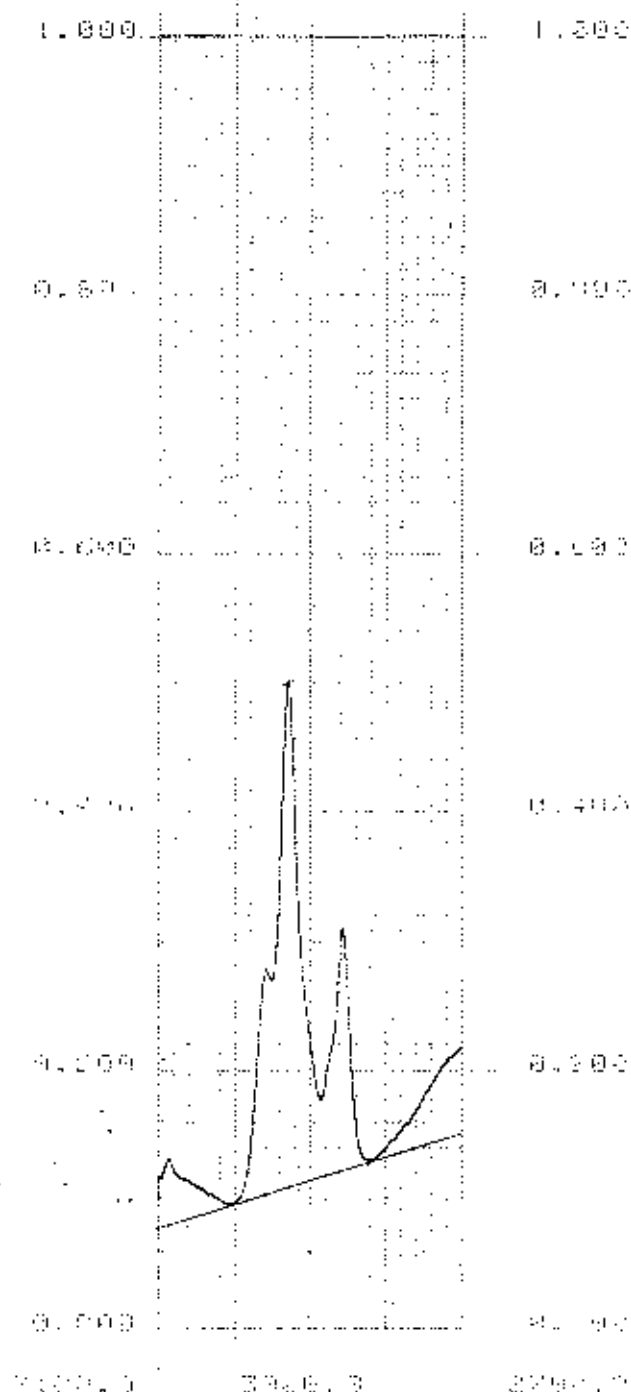
$$\text{Konsent. Minyak} = 11,450 \text{ mg/l (Tabel 4.1)}$$

J CORPORATIC



$$\begin{aligned} 1,701 - 0,421 &= 0,179 \\ 1,475 - 0,423 &= 0,152 \end{aligned}$$

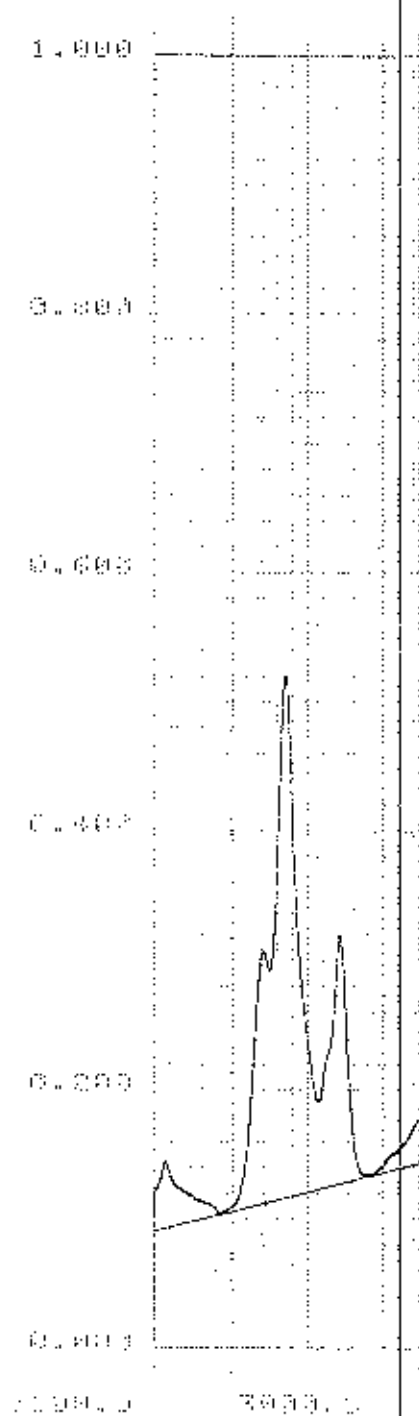
Optical Density = 0,551
 Berat Sampel = 46,450 g
 Konsent. Minyak = 31,450 mg/l (Tabel 4.2)



$$\begin{aligned} 0,275 - 0,104 &= 0,172 \\ 0,500 - 0,105 &= 0,395 \end{aligned}$$

Optical Density = 0,567
 Berat Sampel = 46,630 g
 Konsent. Minyak = 30,000 mg/l (Tabel 4.2)

PORATION CH



$$0,305 - 0,111 = 0,194$$

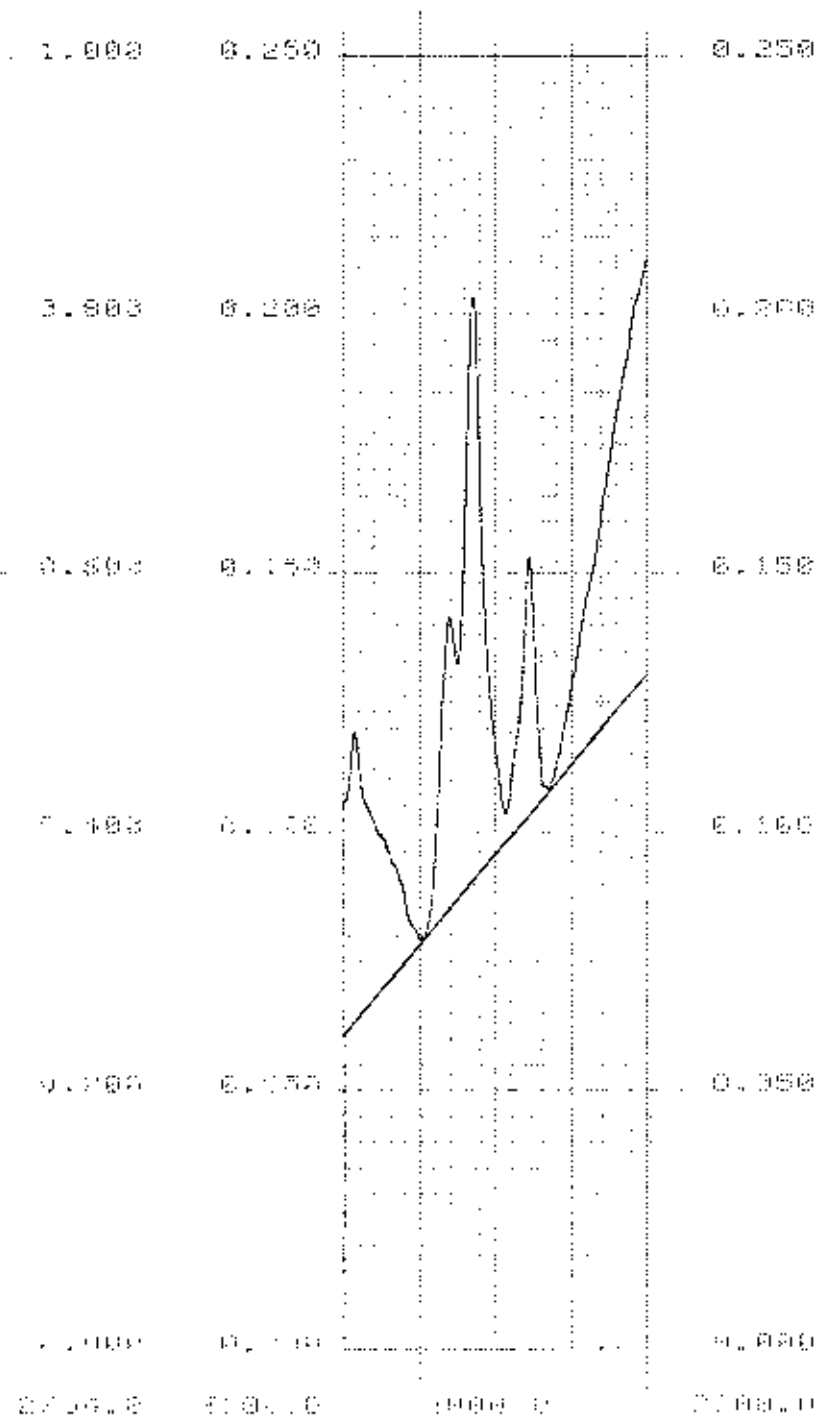
$$0,524 - 0,118 = 0,406$$

+

$$\text{Optical Density} = 0,600$$

$$\text{Berat Sampel} = 49,520 \text{ g}$$

$$\text{Konsent. Minyak} = 29,920 \text{ mg/l (Tabel 4.2)}$$



$$0,141 - 0,085 = 0,056$$

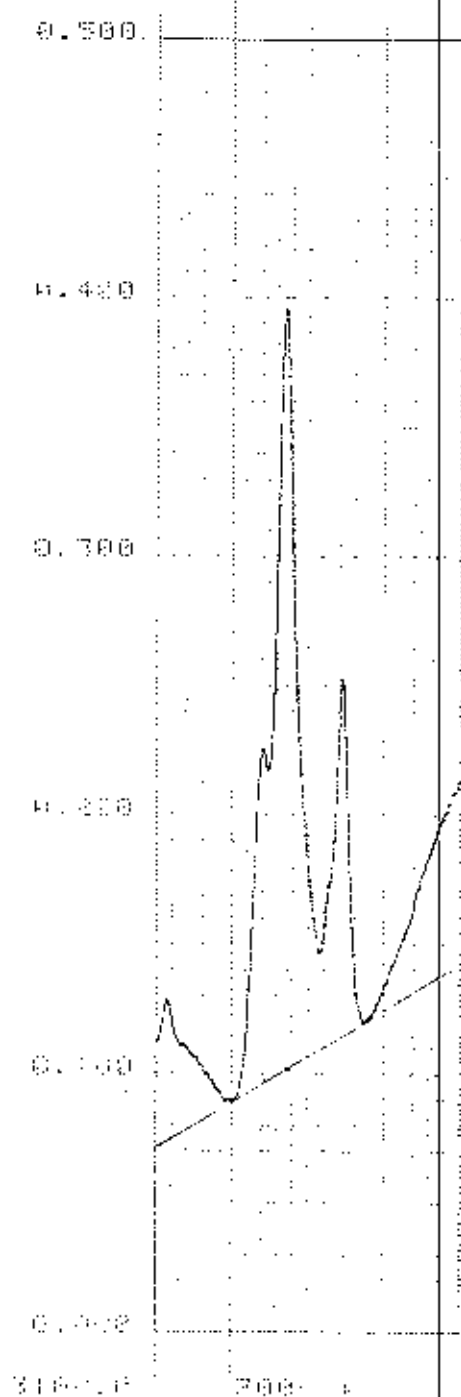
$$0,263 - 0,090 = 0,113$$

+

$$\text{Optical Density} = 0,169$$

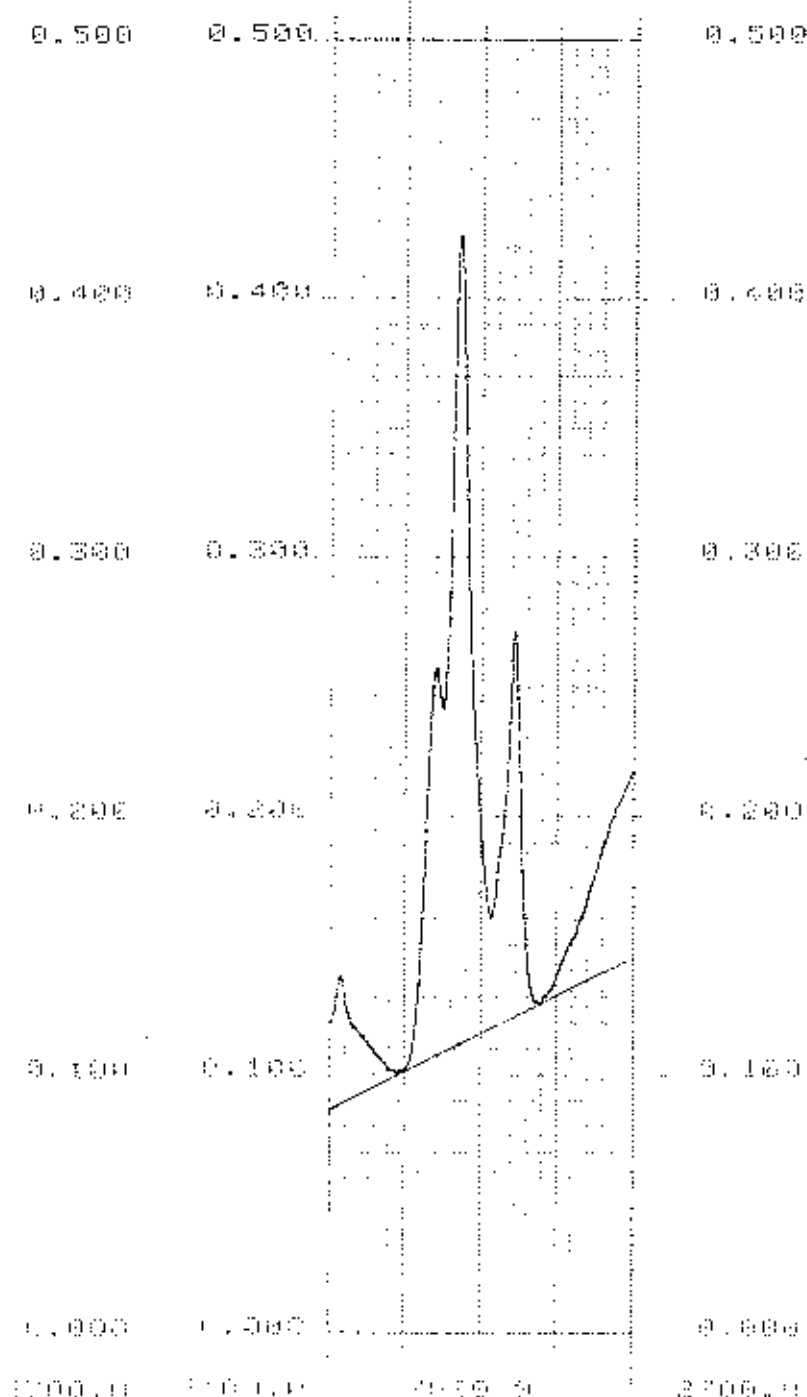
$$\text{Berat Sampel} = 41,780 \text{ g}$$

$$\text{Konsent. Minyak} = 9,990 \text{ mg/l (Tabel 4.2)}$$



$0,224 - 0,097 = 0,127$
 $0,376 - 0,152 = 0,224$

+
 Optical Density = 0,421
 Berat Sampel = 45,260 g
 Konsent. Minyak = 21,100 mg/l (Tabel 4.2)

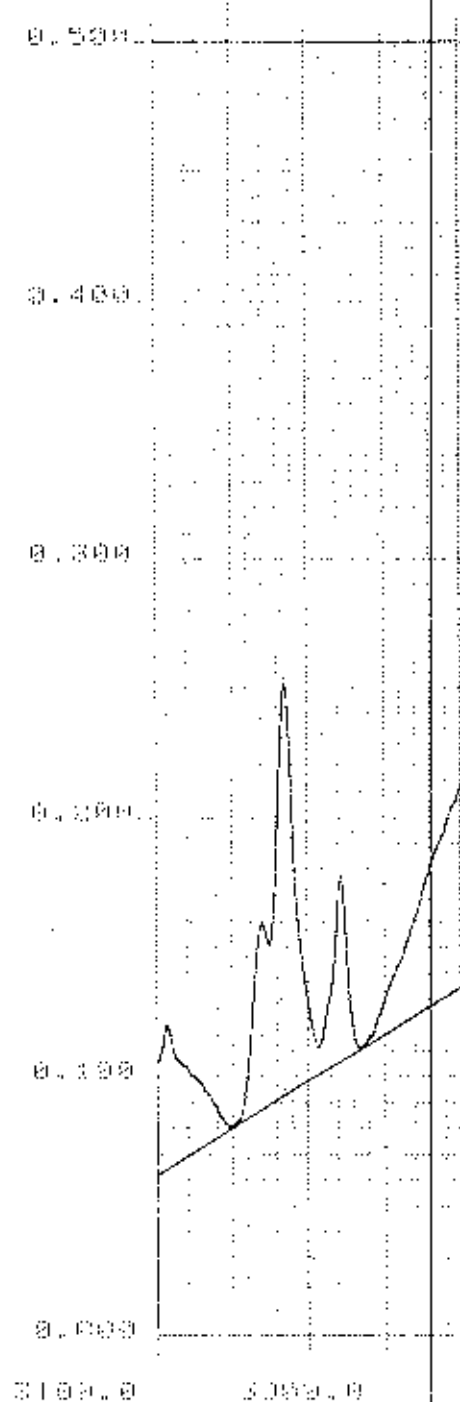


$0,258 - 0,108 = 0,150$
 $0,424 - 0,122 = 0,302$

+
 Optical Density = 0,452
 Berat Sampel = 50,060 g
 Konsent. Minyak = 22,290 mg/l (Tabel 4.2)

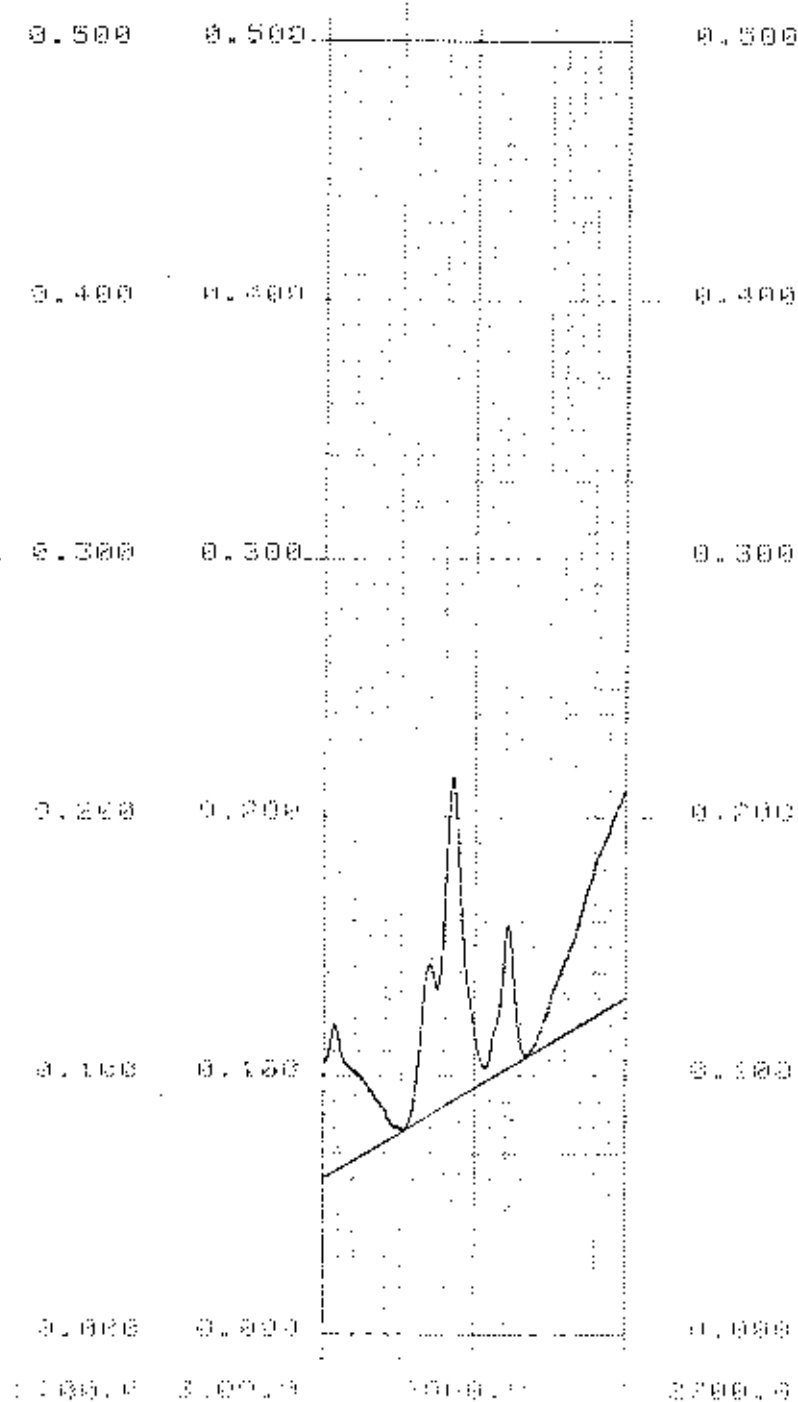
SHIMADZU

CHART 200-91



$$\begin{aligned} 0,160 - 0,088 &= 0,072 \\ 0,252 - 0,083 &= 0,169 \end{aligned}$$

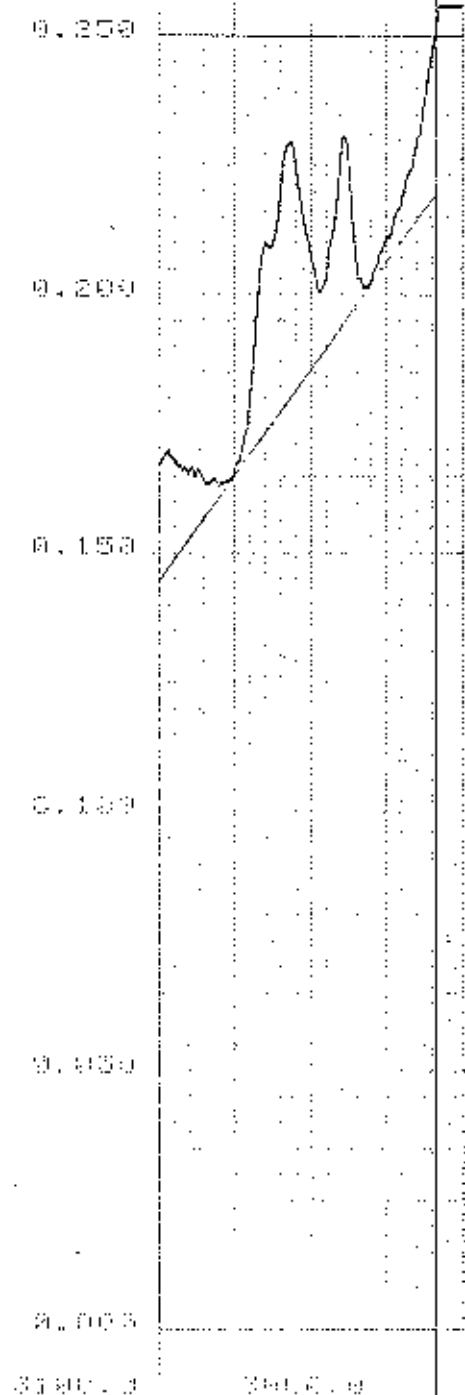
Optical Density = 0,241
Berat Sampel = 32,510 g
Konsent. Minyak = 18,300 ag/l (Tabel 4.2)



$$\begin{aligned} 0,142 - 0,085 &= 0,057 \\ 0,214 - 0,090 &= 0,124 \end{aligned}$$

Optical Density = 0,181
Berat Sampel = 45,650 g
Konsent. Minyak = 5,570 ag/l (Tabel 4.2)

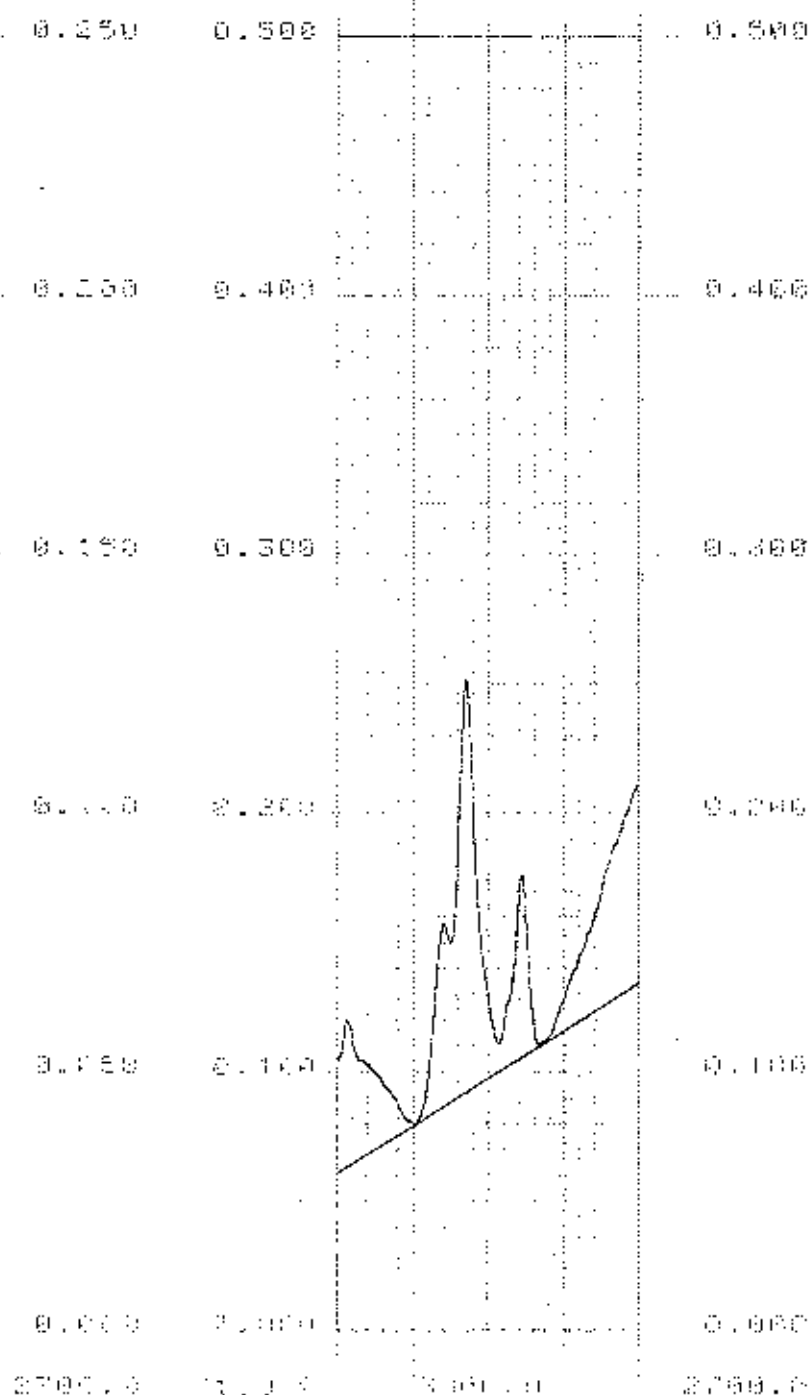
ON CHART 2C



$$\begin{aligned} 0,210 - 0,174 &= 0,036 \\ 0,230 - 0,179 &= 0,051 \end{aligned}$$

— +

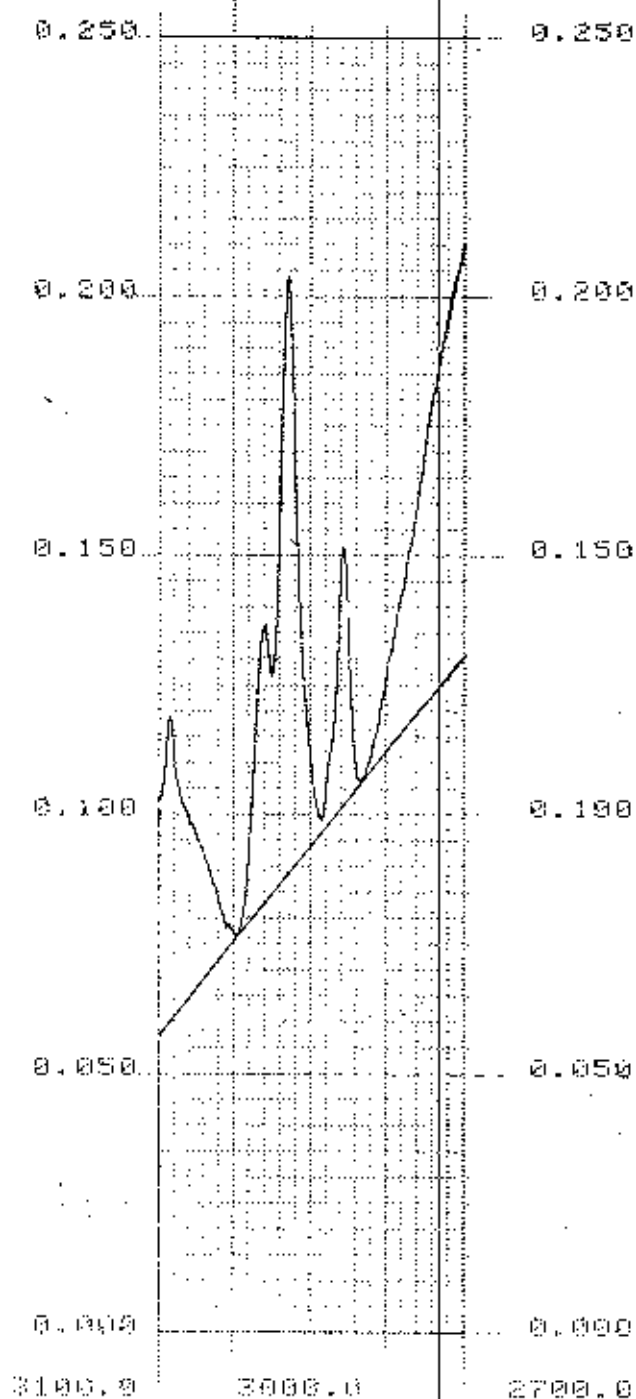
Optical Density = 0,087
 Berat Sampel = 43,020 g
 Konsent. Minyak = 4,990 mg/l (Tabel 4.2)



$$\begin{aligned} 0,156 - 0,086 &= 0,067 \\ 0,251 - 0,092 &= 0,159 \end{aligned}$$

— +

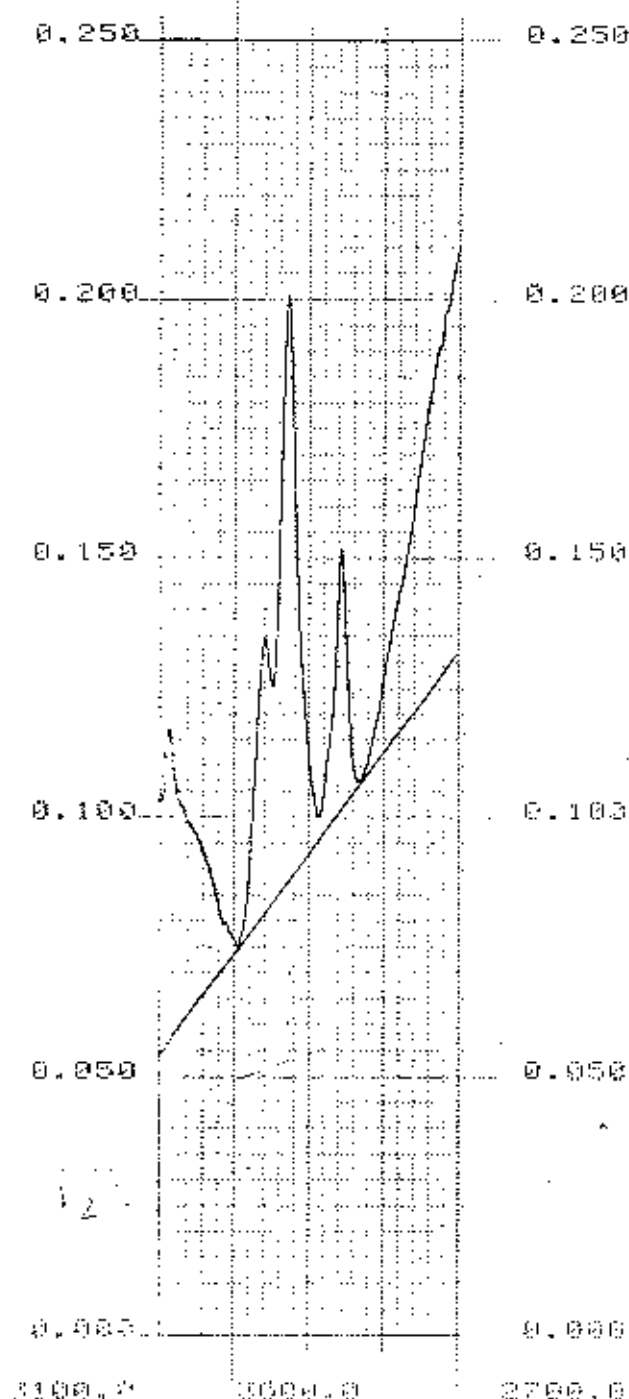
Optical Density = 0,246
 Berat Sampel = 43,250 g
 Konsent. Minyak = 9,600 mg/l (Tabel 4.2)



$$\begin{aligned} 0,134 - 0,083 &= 0,053 \\ 0,203 - 0,088 &= 0,115 \end{aligned}$$

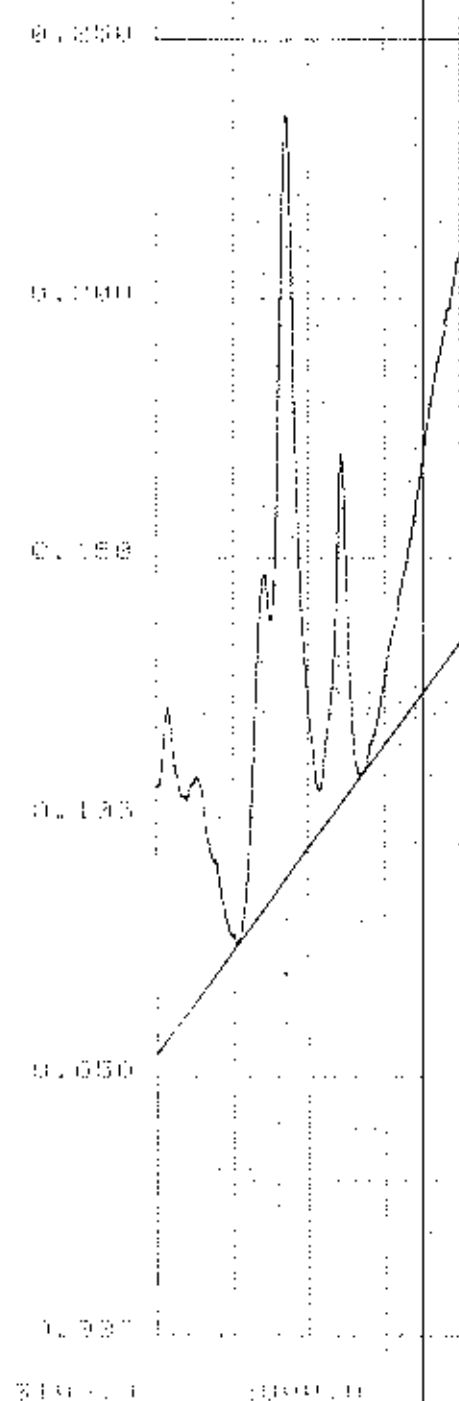
Optical Density = 0,168
 Berat Sampel = 42,630 g
 Konsent. Minyak = 9,730 mg/l (Tabel 4.3)

SHIMADZU



$$\begin{aligned} 0,134 - 0,082 &= 0,053 \\ 0,201 - 0,087 &= 0,114 \end{aligned}$$

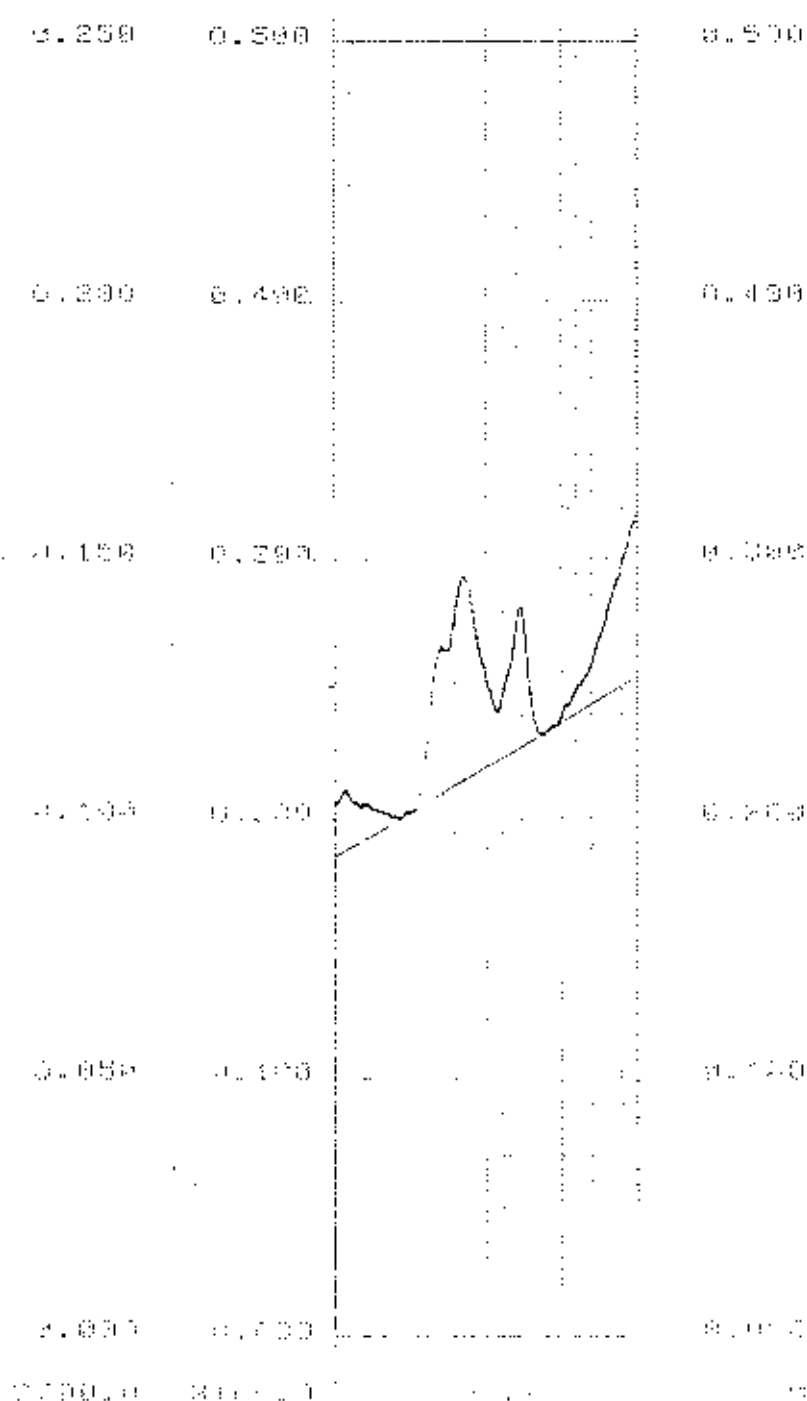
Optical Density = 0,167
 Berat Sampel = 43,310 g
 Konsent. Minyak = 9,520 mg/l (Tabel 4.3)



$$0,146 - 0,083 = 0,063$$

$$0,235 - 0,063 = 0,147$$

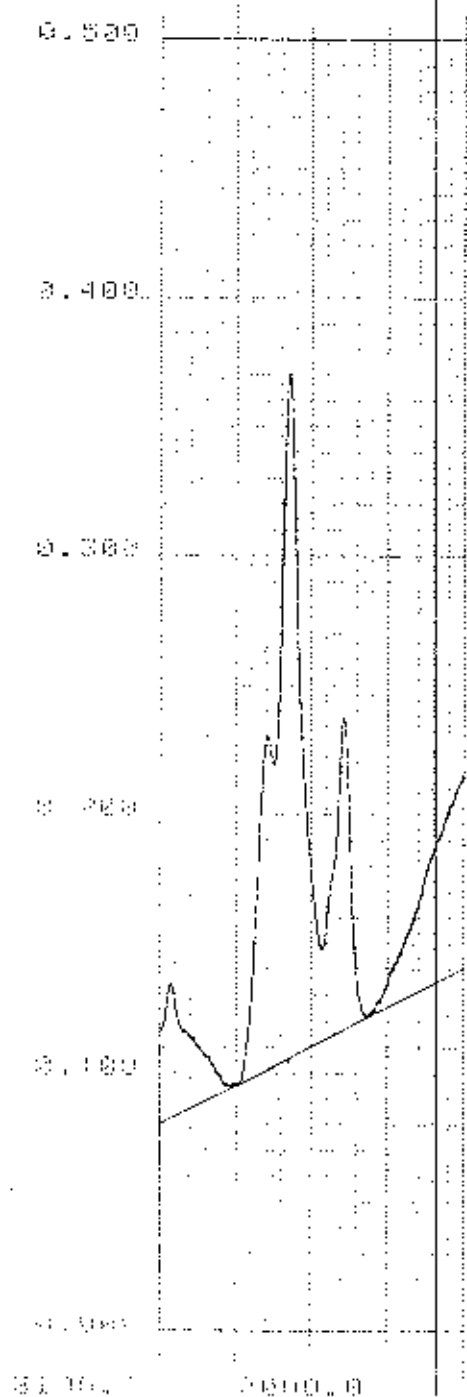
Optical Density = 0,210
 Berat Sampel = 49,380 g
 Konsent. Minyak = 10,500 mg/l (Tabel 4.4)



$$0,264 - 0,221 = 0,043$$

$$0,292 - 0,226 = 0,066$$

Optical Density = 0,011
 Berat Sampel = 44,190 g
 Konsent. Minyak = 8,800 mg/l (Tabel 4.4)



$$0,273 - 0,102 = 0,171$$

$$0,370 - 0,168 = 0,202$$

$$\text{Optical Density} = 0,332$$

$$\text{Berat Sampel} = 40,660 \text{ g}$$

$$\text{Konsent. Minyak} = 29,160 \text{ mg/l (Tabel 4.4)}$$



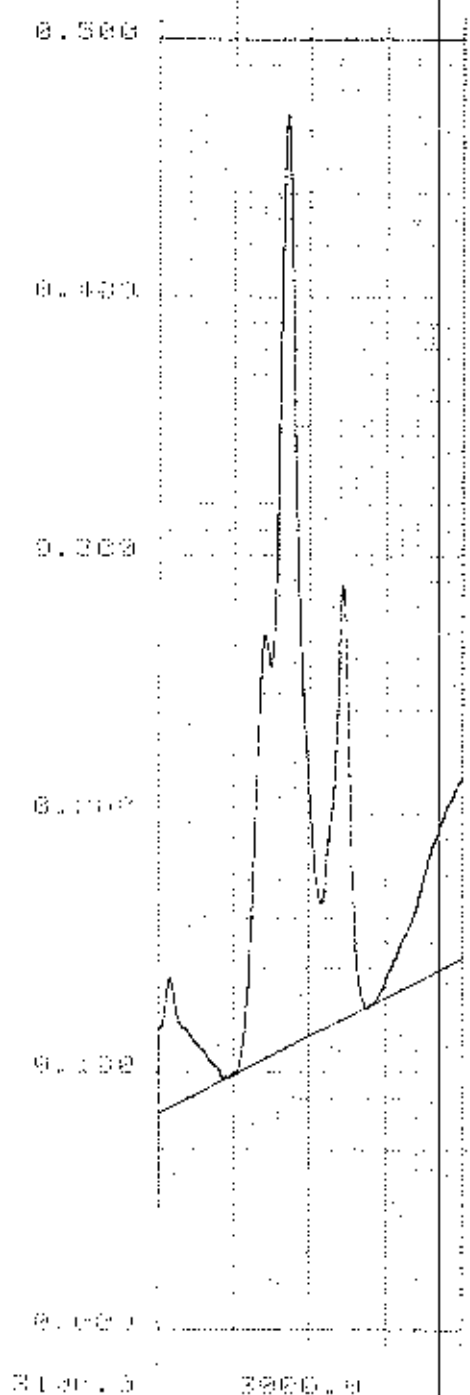
$$0,130 - 0,062 = 0,068$$

$$0,198 - 0,088 = 0,110$$

$$\text{Optical Density} = 0,138$$

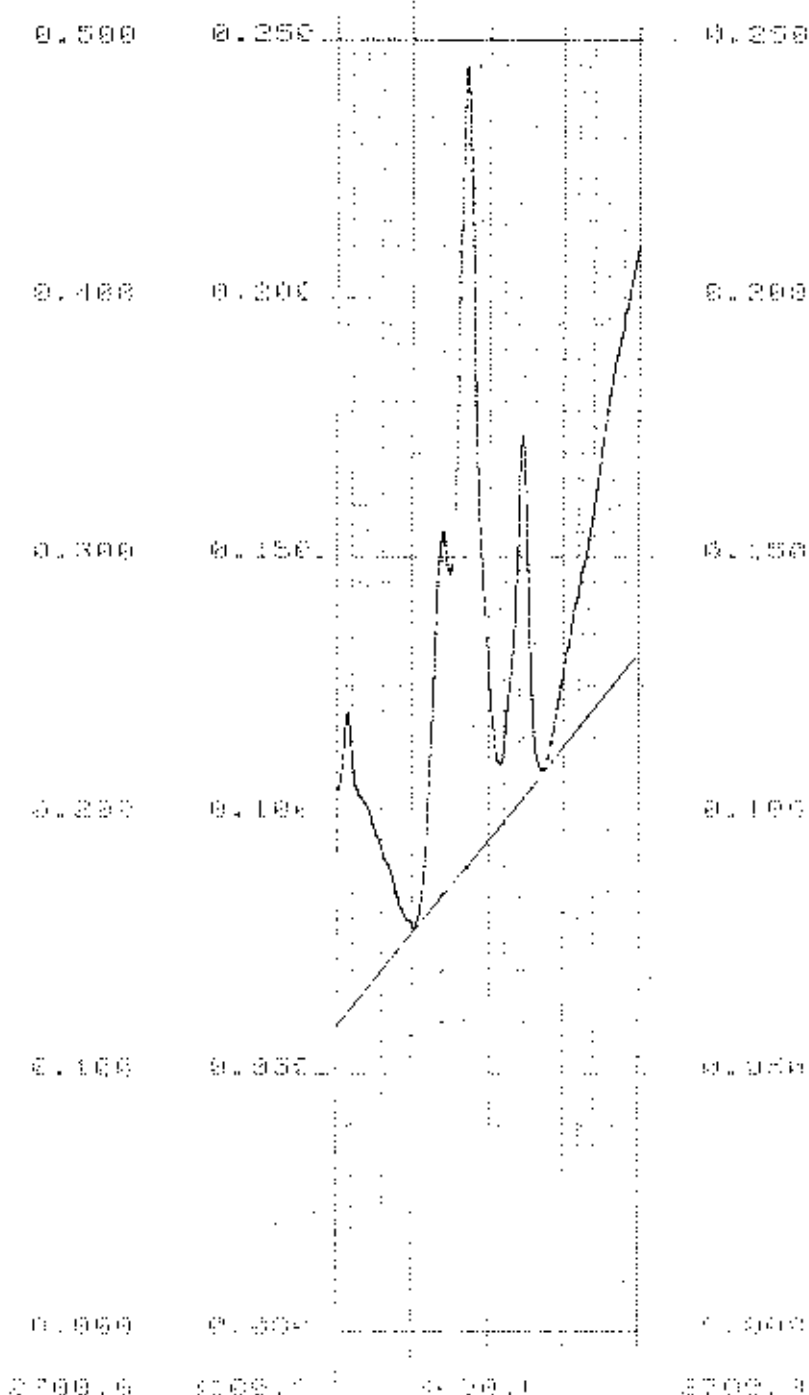
$$\text{Berat Sampel} = 45,060 \text{ g}$$

$$\text{Konsent. Minyak} = 8,470 \text{ mg/l (Tabel 4.4)}$$



$$\begin{aligned} 0,248 - 0,108 &= 0,142 \\ 0,470 - 0,109 &= 0,361 \end{aligned}$$

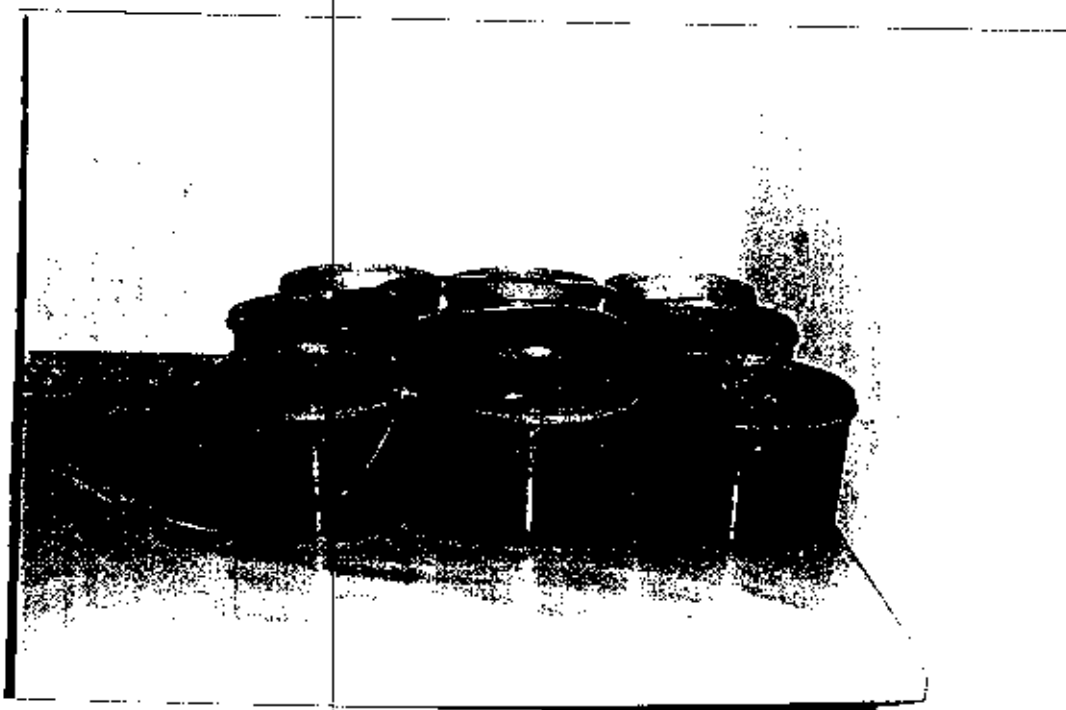
Optical Density = 0,323
 Berat Sampel = 44,150 g
 Konsent. Minyak = 29,250 mg/l (Tabel 4.4)



$$\begin{aligned} 0,155 - 0,089 &= 0,076 \\ 0,245 - 0,099 &= 0,155 \end{aligned}$$

Optical Density = 0,225
 Berat Sampel = 46,160 g
 Konsent. Minyak = 12,58 mg/l (Tabel 4.4)

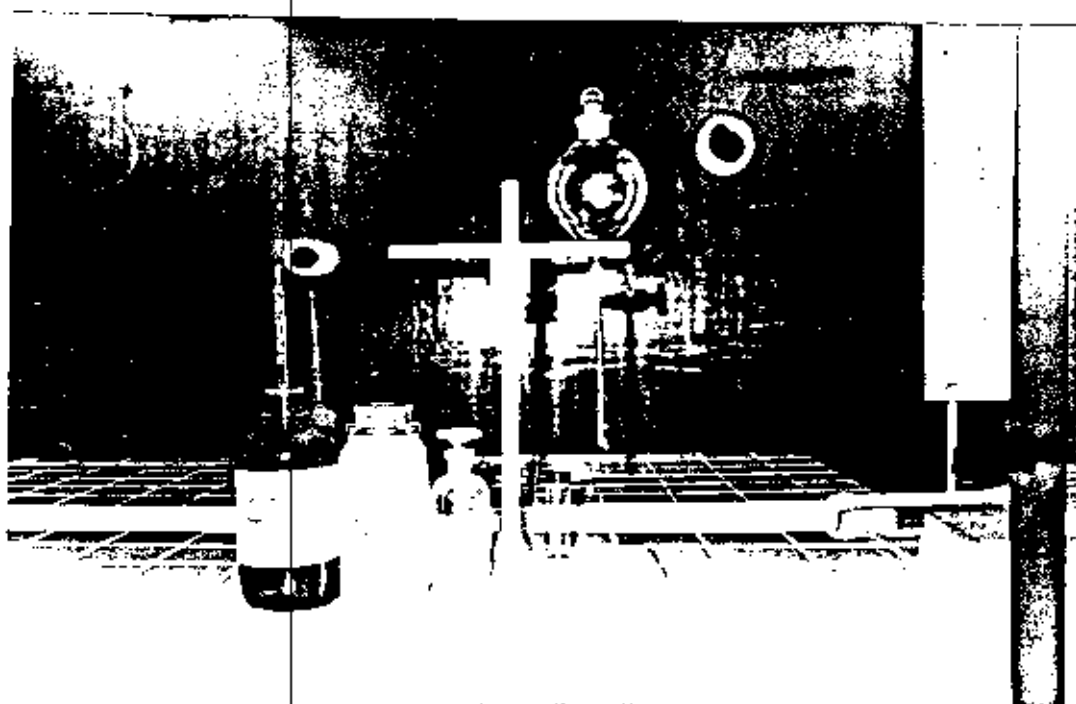
FOTO – FOTO



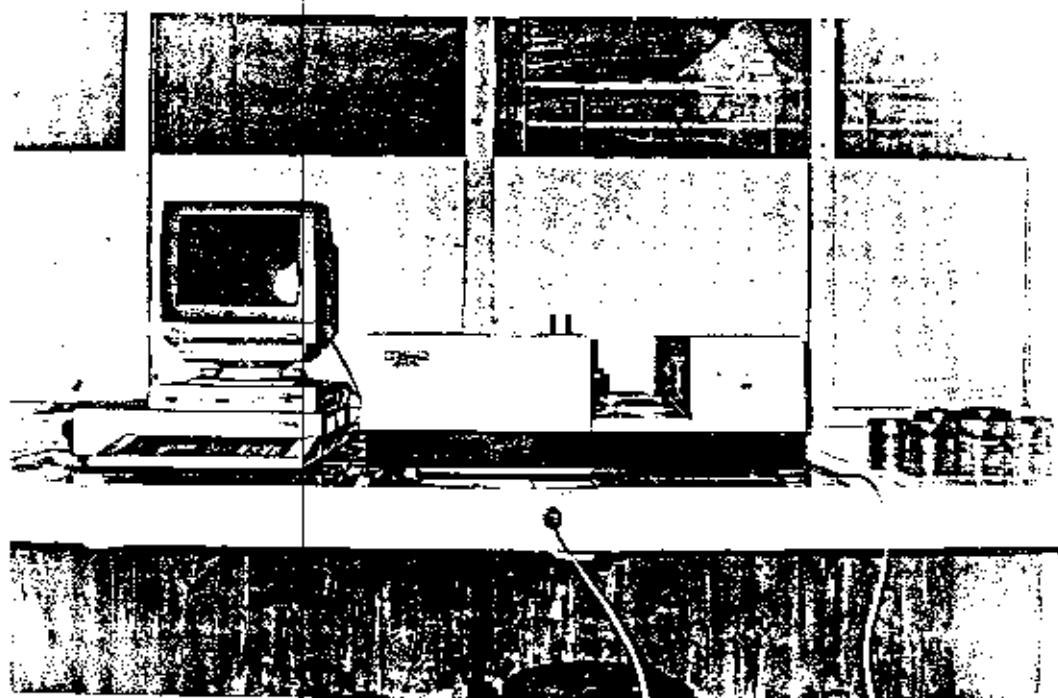
Percobaan Batch Proses



Percobaan Batch Proses yang dilakukan pada Kondisi Steril



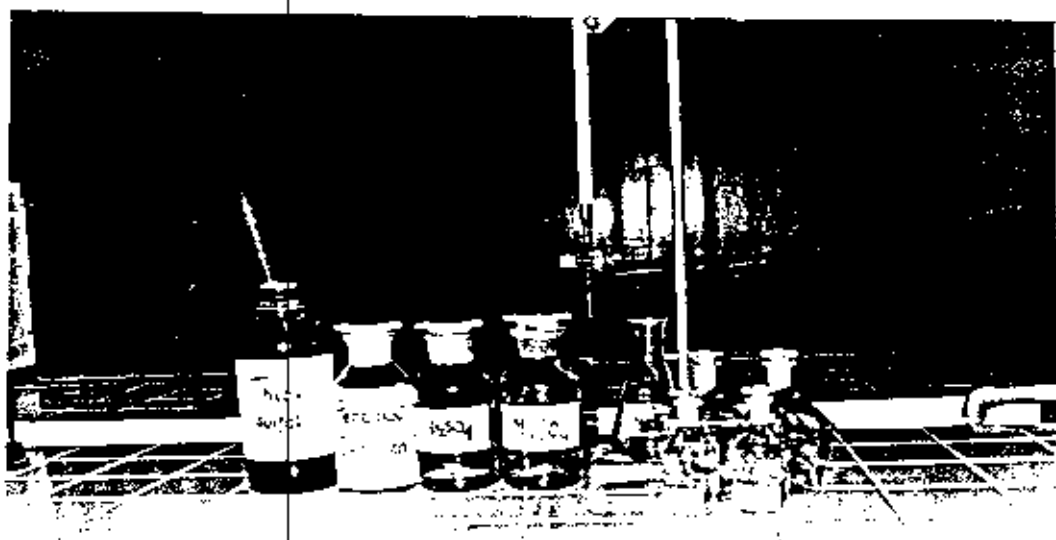
Analisa Kandungan Minyak



Infrared Spektrophotometer untuk Memeriksa Kandungan Minyak

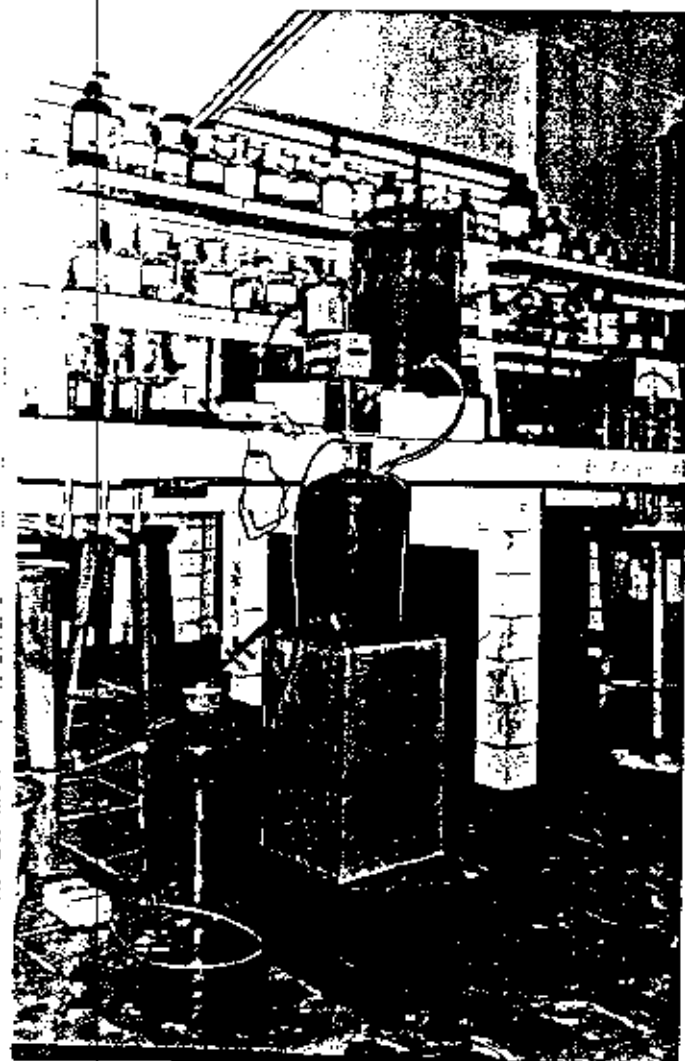


Analisa Chemical Oxygen Demand



200

Analisa Biological Oxygen Demand



Model Pilot Plant Unit Pengolahan Air Buangan
dengan Lumpur Aktif

